

## Trabajo Fin de Grado

El tranvía de Zaragoza: ¿principal propulsor del  
transporte sostenible en la ciudad?

Autor

Alberto Cabeza Martínez

Director

Mario F. Calvo López

Escuela Universitaria Politécnica La Almunia  
2015



**Universidad**  
Zaragoza

**ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA  
DE LA ALMUNIA DE DOÑA GODINA (ZARAGOZA)**

<b>MEMORIA</b>
----------------

**El tranvía de Zaragoza: ¿principal  
propulsor del transporte sostenible en la  
ciudad?**

**423.13.121**

Autor: Alberto Cabeza Martínez

Director: Mario F. Calvo López

Fecha: Septiembre 2015

## RESUMEN:

La implantación del tranvía en Zaragoza ha supuesto sin duda muchos cambios en la ciudad afectando de forma considerable al transporte y con ello a los ciudadanos. Este trabajo tiene como objetivo valorar cómo ha afectado dicho proyecto en la forma de desplazarse en la ciudad, y comprobar en qué medida está contribuyendo a la mejora de la sostenibilidad del transporte en Zaragoza.

Para llegar a ese objetivo se ha analizado el tranvía de Zaragoza (usuarios y características), cómo ha afectado a los distintos medios de transporte: movilidad a pie y bici, vehículo privado y autobuses urbanos y las emisiones e inmisiones registradas.

Para la movilidad a pie se ha tenido en cuenta las secciones de las calles más importantes por donde pasa el tranvía valorando si se han ampliado las anchuras de las aceras, y en qué medida con los datos estadísticos disponibles, se ha variado el total de desplazamientos a pie.

La movilidad en bici se ha dividido en dos partes: longitud de carriles bici y uso de la bicicleta pública. La longitud de los carriles bici se ha estudiado para saber el grado de afección que ha tenido el tranvía en la construcción de los mismos. El uso, para saber si ha sido satisfactorio el fomento de la bicicleta. Remarcar que solo se ha podido conocer estadísticas de la bicicleta pública.

En cuanto a los autobuses urbanos, se han examinado los kilómetros recorridos, usuarios y el IPK (número de usuarios por kilómetro recorrido) para conocer el grado de utilización y eficiencia de los mismos. Estos datos se compararán posteriormente con el tranvía.

Respecto al tráfico rodado, se estudian las intensidades medias diarias, capacidad y congestión de las calles paralelas y perpendiculares al trazado del mismo. Por último se calcularán las emisiones producidas por el tráfico rodado, autobuses urbanos y tranvía, comprobando el balance de emisiones antes y después de la implantación del tranvía, pudiendo obtener una representación de las inmisiones recogidas en las estaciones Centro y Renovales.

**Palabras clave: transporte, sostenibilidad, movilidad, emisiones y tranvía.**

## INDICE DE CONTENIDO

<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	<b>1</b>
<b>2. OBJETIVOS</b>	<b>5</b>
<b>3. ESTUDIO DEL ESTADO DEL ARTE</b>	<b>6</b>
3.1. EL TRANVÍA DE ZARAGOZA	6
3.1.1. Características y recorrido	6
3.1.2. Impacto del tranvía sobre la movilidad urbana. Usuarios del tranvía	9
3.2. AUTOBUSES URBANOS. MODIFICACIÓN DE LAS LÍNEAS	14
3.3. EL TRÁFICO DE LOS VEHÍCULOS PRIVADOS Y SU AFECCIÓN A LA CALIDAD DE VIDA DE LOS CIUDADANOS	15
<b>4. DESARROLLO</b>	<b>18</b>
4.1. MOVILIDAD A PIE Y EN BICI	18
4.1.1. Movilidad a pie. Transformación y peatonalización por la implantación del tranvía	18
4.1.2. Movilidad en bici	19
4.1.2.1. Carriles bici antes y después implantación tranvía	19
4.1.2.2. Número de abonados y estadísticas de uso de la “bizi” y estaciones	21
4.2. CONFIGURACIÓN VIARIA	24
4.2.1. Modificaciones en la capacidad de los viales afectados por el tranvía	24
4.2.2. Estudio comparativo de las IMD en calles en el entorno del tranvía y su relación con la configuración viaria	28
4.2.3. Comparación del estado del tráfico rodado antes y después de la implantación del tranvía	30
4.3. GRADO DE CONTAMINACIÓN	31
4.3.1. Emisiones	31
4.3.1.1. Tráfico rodado	31
4.3.1.2. Autobuses urbanos y tranvía	32
4.3.2. Inmisiones	33
4.3.2.1. Medias anuales	33
4.3.2.2. Máximas diarias	37
<b>5. ANÁLISIS Y CONCLUSIONES</b>	<b>39</b>
<b>6. REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>41</b>

6.1.	REFERENCIAS	41
6.2.	BIBLIOGRAFÍA	42

**ANEXO 1: AUTOBUSES URBANOS**

**ANEXO 2: MOVILIDAD A PIE**

**ANEXO 3: BIZI ZARAGOZA**

**ANEXO 4: CONFIGURACIÓN VIARIA**

**ANEXO 5: CÁLCULO EMISIONES**

## INDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1: Trayecto y paradas del tranvía (Fuente: Los tranvías de Zaragoza)	7
Ilustración 2: Mapa recorrido y paradas del tranvía (Fuente: Tranvías de Zaragoza)	8
Ilustración 3: Usuarios anuales tranvía Zaragoza (Fuente: Elaboración propia a partir de datos "Los Tranvías de Zaragoza")	9
Ilustración 4: Usuarios tranvía abril 2013-marzo 2015 (Fuente: Ayto. Zaragoza, Servicio de Movilidad Urbana)	10
Ilustración 5: Comparación entre usuarios previstos y registrados por el tranvía desde su puesta en marcha (Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Los Tranvías de Zaragoza)	11
Ilustración 6: Usuarios tranvía marzo 2014 por paradas sentido Avda. Academia Militar (Fuente: Ayto. Zaragoza, Servicio de Movilidad Urbana)	12
Ilustración 7: Usuarios tranvía marzo 2014 por paradas sentido Mago de Oz (Fuente: Ayto. Zaragoza, Servicio de Movilidad Urbana)	13
Ilustración 8: Gráfica minutos por kilómetro realizado para los desplazamientos de cada medio de transporte en las ciudades (Fuente: Centro Ambiental del Ebro, "Las bicicletas son para Zaragoza")	19

## INDICES

Ilustración 9: Nº de abonados vigentes al servicio bizi (Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Ayto. de Zaragoza, Oficina de la Bicicleta).....	21
Ilustración 10: Nº de usos de cada bizi al día (Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Ayto. de Zaragoza, Oficina de la Bicicleta).....	22
Ilustración 11: Nº Abonados por cada bizi disponible (Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Ayto. de Zaragoza, Oficina de la Bicicleta).....	23
Ilustración 12: Foto del Paseo Independencia con 3 carriles en cada sentido (Fuente: <a href="http://www.panoramio.com">www.panoramio.com</a> ).....	24
Ilustración 13: Sección transversal del Paseo Independencia antes de las obras del tranvía. Dimensiones en metros. (Fuente: Plan Equipamiento Comercial Zaragoza, 2009).....	24
Ilustración 14: Foto del Paseo Independencia en la actualidad (Fuente: El Heraldo).....	25
Ilustración 15: Sección transversal del Paseo Independencia en la actualidad. Dimensiones en metros. (Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Ayto. Zaragoza, Servicio de Movilidad Urbana).....	25
Ilustración 16: Sección transversal de Fernando El Católico previa a la implantación del tranvía. Dimensiones en metros. (Fuente: Plan Equipamiento Comercial Zaragoza, 2009).....	25
Ilustración 17: Sección transversal Fernando El Católico tras las obras del tranvía. Dimensiones en metros. (Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Ayto. de Zaragoza, Servicio de Movilidad Urbana).....	25
Ilustración 18: Situación de la Av. César Augusto antes de la implantación del tranvía (Fuente: <a href="http://www.panoramio.com">www.panoramio.com</a> ).....	26
Ilustración 19: Foto de la Av. César Augusto con el tranvía en funcionamiento (Fuente: Zaragoza Turismo).....	26
Ilustración 20: Sección transversal El Coso. Dimensiones en metros. (Fuente: Plan Equipamiento Comercial Zaragoza, 2009) .....	27
Ilustración 21: Situación del Puente de Santiago antes del tranvía (Fuente: Guía nueva movilidad urbana Zaragoza).....	27
Ilustración 22: Foto del Puente de Santiago tras la implantación del tranvía (Fuente: Guía nueva movilidad urbana Zaragoza).....	27

Ilustración 23: Nivel de congestión de Zaragoza en el año 2013 (Fuente: GPS Tom Tom).....	31
Ilustración 24: Inmisiones medias anuales de NO2 en las Estaciones Renovales y Centro desde 2006 hasta 2014 (Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Ayto. de Zaragoza, Agencia de Medio Ambiente y Sostenibilidad).....	34
Ilustración 25: Inmisiones medias anuales de PM10 en la Estación de Renovales desde 2007 hasta 2014 (Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Ayto. de Zaragoza, Agencia de Medio Ambiente y Sostenibilidad).....	34
Ilustración 26: Inmisiones medias anuales de PM2.5 en la Estación de Renovales desde 2010 hasta 2013 (Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Ayto. de Zaragoza, Agencia de Medio Ambiente y Sostenibilidad).....	35
Ilustración 27: Inmisiones medias anuales de SO2 en las Estaciones Renovales y Centro desde 2010 a 2013 (Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Ayto. de Zaragoza, Agencia de Medio Ambiente y Sostenibilidad).....	36
Ilustración 28: Inmisiones medias anuales de CO en las Estaciones Renovales y Centro desde 2010 a 2013 (Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Ayto. de Zaragoza, Agencia de Medio Ambiente y Sostenibilidad).....	36
Ilustración 29: Inmisiones máximas diarias de SO2 en las Estaciones Renovales y Centro desde 2010 a 2013 (Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Ayto. de Zaragoza, Agencia de Medio Ambiente y Sostenibilidad).....	37
Ilustración 30: Inmisiones máximas diarias de PM10 en la Estación de Renovales desde 2010 hasta 2013 (Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Ayto. de Zaragoza, Agencia de Medio Ambiente y Sostenibilidad).....	38

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Población atendida por el trazado de la línea 1 del tranvía en función de la distancia a las paradas (Fuente: GEOT (Universidad de Zaragoza 2012)) .....	8
---	---

---

INDICES

Tabla 2: Comparación de longitud total de carriles bici en Zaragoza (Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Ayto. de Zaragoza, Servicio de Movilidad Urbana).....	20
---	----



## 1. INTRODUCCIÓN

El 19 de marzo de 2011 Zaragoza vivió un importante suceso en su historia como ciudad: la implantación del nuevo tranvía (primera fase), aunque no fue hasta el 26 de marzo de 2013 cuando se inauguró totalmente la línea (segunda fase). Antes de entrar en detalle conviene recalcar que Zaragoza ya tiene experiencia en cuanto a la circulación por sus calles de este medio de transporte ya que desde 1885 hasta 1976 los tranvías circularon por Zaragoza.

En 1885 fue adjudicada la concesión “Tranvía del interior y afueras de Zaragoza” a una sociedad aragonesa y por lo tanto el 19 de octubre de 1885 se dio el nacimiento de este medio de transporte en Zaragoza. La red contó con seis ramales y una línea secundaria.

En su época de mayor éxito se llegó a contar con dieciséis líneas de tranvía, es decir, una flota con más de doscientos tranvías. Pero su peor momento llegó en los años 60 pero no solo en Zaragoza sino a nivel nacional. Los motivos principales de dicha caída fueron el aumento estrepitoso de vehículos privados, la implantación de autobuses además de una flota que empezaba a quedarse antigua. Como los tranvías suponían un estorbo para los vehículos ya que se producían interferencias en la calzada, se decidió prescindir de este medio transporte apostando por el tráfico de automóviles. Está claro que en esos años la contaminación atmosférica debido al tráfico rodado no era un problema.

El 23 de enero de 1976 Zaragoza dijo adiós aunque no de forma definitiva a los tranvías. La última línea que circulo por sus calles fue la 11 Parque-San José.

Como ya se ha dicho anteriormente, no solo se puso fin al tranvía en Zaragoza, sino que a nivel nacional todos los tranvías fueron retirados (Valencia 1970, Barcelona 1971 y Madrid 1972) siendo el de Zaragoza (1976) el último en desaparecer.

Esto ocurrió de forma generalizada en España, pero algunos países de centro y norte de Europa, como Alemania, Austria, Suecia o Dinamarca en vez de quitar el tranvía lo que hicieron fue potenciarlo y darle una plataforma reservada en las calzadas. De este modo se ganaba espacio ante el vehículo privado aumentando la capacidad, velocidad, puntualidad y por lo tanto la calidad del servicio del tranvía al no estar en contacto con el tráfico rodado. No hay que olvidar que la plataforma reservada tiene algún inconveniente como por ejemplo que si se produce una incidencia, el servicio no puede continuar hasta que no se solucione dicha incidencia.

## Introducción

Suecia (Estocolmo) y Dinamarca (Copenhague) fomentaron la continuidad del tranvía centros peatonalizando sus centros y apostando por la bicicleta. Las avenidas, bulevares y calles ganan espacio a la sección viaria en favor del peatón que se encuentra con itinerarios más conectados. Es decir aumentar el ratio entre el espacio dedicado al peatón y el dedicado al tráfico rodado.

Los factores que hacen que el tranvía tenga una calidad en su servicio son la prioridad semafórica y la distancia entre paradas que aumentan la velocidad comercial y producen un ahorro de tiempo por parte del usuario. Además como ya se ha comentado antes en el ejemplo de Alemania, todas estas mejoras se consiguen mediante la plataforma reservada.

Por lo tanto estamos hablando de un sistema de capacidad intermedia de transporte permitiendo cruces a nivel con los peatones y demás tráfico en determinados puntos.

Para la implantación del tranvía en las calles de Zaragoza fueron claves la firma de la **carta de Aalborg** y la elaboración del **Plan de Movilidad Sostenible** por parte del Ayuntamiento de Zaragoza.

El 24 de marzo de 2000 Zaragoza firmó la Carta de Aalborg.

*"Para que una ciudad sea sostenible es indispensable reducir la movilidad forzada y dejar de fomentar el uso innecesario de los vehículos motorizados. Daremos preferencia a los medios de transporte respetuosos con el medio ambiente (en particular los desplazamientos a pie, en bicicleta o en transporte público. (Carta de Aalborg, 1994 , Apartado 1.9 Pautas de movilidad urbana sostenible)"*

Con ello se comprometió a participar en el Programa 21 y apostar por un desarrollo sostenible, es decir, unas actividades que satisfagan las necesidades actuales de los ciudadanos sin poner en peligro las de generaciones futuras. Dentro del Programa 21 surgió un documento importante para Zaragoza: Agenda 21 Local cuyo objetivo es conseguir que la ciudad llegue a tener un desarrollo sostenible a medio y largo plazo. Uno de los puntos donde hace más hincapié la Agenda 21 es en la mejora de la calidad de vida de los ciudadanos.

Se determinó que el vehículo privado era uno de los principales causantes de que empeorara la calidad de vida. Desde los años en que se quitó el tranvía se ha visto como la ciudad (sobre todo el centro) estaba dando facilidades a la circulación de vehículos privados con unas calles con cada vez más carriles, zonas de aparcamiento y aceras más estrechas. Con ello lo que se consiguió fue un mayor número de **vehículos privados circulando por la ciudad con un aumento de 41% según**

**las encuestas de 1993 y 2000** (Ayuntamiento de Zaragoza, Servicio de Movilidad Urbana) y quitar espacio al peatón.

Respecto a los datos de contaminación de la ciudad en 2006, **las emisiones de CO<sub>2</sub> alcanzaban las 881.291 toneladas** (Ayuntamiento de Zaragoza, Servicio de Medio Ambiente y Sostenibilidad). Los niveles de calidad de aire en 2006 eran de 30 y 56  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  de NO<sub>2</sub> y PM10 respectivamente (Ayuntamiento Zaragoza, Agencia de Medio Ambiente y Sostenibilidad).

En septiembre de 2006 se elaboró el Plan Intermodal de Transportes: Plan de Movilidad Sostenible de Zaragoza.

*"El plan tiene por finalidad encontrar repuesta a los principales problemas de movilidad que se presentan en Zaragoza y su entorno, una área que, después de resistirse largo tiempo, camina hacia la congestión por el crecimiento de la motorización y el uso de los vehículos con mayor emisión de contaminantes cada día. El Plan tiende a mantener y, en lo posible, incrementar la participación del transporte colectivo y del individual no contaminante en la satisfacción de la movilidad, tendencia básica para orientar la ciudad y su área de influencia hacia escenarios de sostenibilidad. (Plan de Movilidad sostenible de Zaragoza, 2006)".*

Entre los objetivos que se fijaron en dicho Plan fueron:

- Restricción del tráfico rodado en el centro de la ciudad
- Refuerzo de los carriles bici en el centro de la ciudad
- Transporte de alta capacidad: red ferroviaria de cercanías y tranvía-metro ligero

El objetivo general era fomentar y mejorar la sostenibilidad del transporte en la ciudad mediante la reducción del uso del vehículo privado y de esta forma contribuir a mejorar la calidad de vida de los ciudadanos. Como objetivo básico y primordial el Ayuntamiento de Zaragoza se marcó reducir un 30% las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera por habitante en el periodo 2005-2015 (Estrategia para la mitigación del Cambio Climático y mejora de Calidad del Aire de Zaragoza, 2009).

Con la política de movilidad sostenible no se pretende apartar totalmente el coche del centro de la ciudad sino fomentar un uso más sostenible y racional del mismo, es decir, utilizar otros medios de transporte más sostenibles para reducir la congestión, el ruido y las emisiones sobre todo en el centro de la ciudad.

## Introducción

Para los ciudadanos los aspectos más importantes a la hora de sustituir el vehículo privado por el transporte público son el tiempo, la calidad y la fiabilidad. El tiempo invertido es muy importante. Si se quiere lograr que haya un traspaso de usuarios de vehículos privados al transporte público hay que conseguir un ahorro de tiempo. Para ello hay que tomar medidas restrictivas para calmar el tráfico (eliminación de carriles, disminución de las secciones viarias) y dar prioridad a los otros medios de transporte (prioridad semafórica).

En resumen, el Ayuntamiento de Zaragoza puso en marcha una apuesta por cambiar la movilidad de los ciudadanos de los últimos años, reduciendo el uso del vehículo privado y fomentando transportes más sostenibles como la bicicleta, el transporte público (entre los que se encuentra el tranvía-metro ligero) y el desplazamiento a pie.

## 2. OBJETIVOS

En el presente estudio lo que se pretende es responder a la pregunta que hace referencia el título del Trabajo Fin de Grado (**El tranvía de Zaragoza: ¿principal propulsor del transporte sostenible en la ciudad?**). Para ello nos basaremos en los resultados obtenidos en este estudio sobre cada uno de los aspectos afectados por la implantación del nuevo tranvía. Conviene recalcar que el tranvía de Zaragoza no hay que analizarlo solo como medio de transporte, sino todo lo que ha conllevado su implantación (ha modificado la movilidad de la ciudad influyendo en otros medios de transporte como la bicicleta, el desplazamiento a pie y ha renovado el entorno urbanístico por donde pasa). Por lo tanto se analizará también cómo han afectado y contribuido estos medios de transporte que también son sostenibles.

Se tratará de dar respuesta a la pregunta del título mencionada en el presente Trabajo Final de Grado con la ayuda de los resultados que obtengamos del análisis realizado comparando la situación previa al tranvía y la situación actual. Además se demostrará si el Ayuntamiento de Zaragoza ha conseguido su objetivo de impulsar una movilidad más sostenible entre los ciudadanos.

Para llegar a responder a esa pregunta, se han marcado los objetivos específicos de análisis:

- Calles peatonalizadas y modificación de anchuras de las aceras debido a las obras del tranvía
- Comparación de los carriles bici existentes antes y después del tranvía, prestando importancia a lo paralelos al trazado del tranvía.
- Comparación de las IMD de 2007 y 2014 relacionado con la variación de la configuración viaria. De esta forma se conocerá el porcentaje de variación del tráfico rodado por las calles de Zaragoza.
- Comparación de inmisiones de contaminantes recogidas por las estaciones Centro y Renovales antes y después de la implantación del tranvía.
- Cálculo de emisiones del tráfico rodado en el trazado próximo al tranvía comparando la situación previa al tranvía y actual.
- Cálculo de emisiones de los autobuses urbanos de Zaragoza.
- Cálculo de emisiones del tranvía de Zaragoza por la generación de electricidad.

### **3. ESTUDIO DEL ESTADO DEL ARTE**

#### **3.1. EL TRANVÍA DE ZARAGOZA**

##### ***3.1.1. Características y recorrido***

Para empezar hay que comentar que el tranvía de Zaragoza contiene una plataforma reservada pero no en su totalidad del recorrido. Por lo tanto respecto la clasificación del transporte metropolitano según el uso de la infraestructura, la parte del trayecto que tiene plataforma reservada (separada de otros tráficos mediante bordillos pero puede ser cruzado por peatones u otros vehículos en diversos puntos del trayecto) se trata de una infraestructura de categoría 2. En cambio en zonas como el Coso que son peatonales, donde la infraestructura está constituida por la propia calle, puede ser infraestructura de categoría 3.

La línea 1 del tranvía de Zaragoza consta de 12,8 kilómetros de recorrido desde su extremo norte (Parque Goya) hasta su extremo sur (Valdespartera) con una separación entre vías de 1,435 metros. En cuanto a los materiales móviles son Urbos 3 con 52 asientos y una capacidad de 200 viajeros. El número total de paradas en su recorrido es de 25 con una distancia entre ellas de 450 y 600 metros y el número total de marquesinas es 46 (siendo 42 simple y 4 dobles). Hay 3 intercambiadores en todo el recorrido (Rosalía de Castro-León Felipe, Fdo. El Católico-Goya y Plaza Emperador Carlos V). El tranvía funciona mediante la alimentación de electricidad. Dicha alimentación se produce por catenaria en todo su recorrido menos el tramo de 2 kilómetros aproximadamente entre las paradas de La Chimenea y Gran Vía que se produce por recarga en las paradas. Esa recarga se produce mediante unos supercondensadores situados en la parte superior de las cabinas. El motivo por el cual no se optó por utilizar catenaria en todo el recorrido fue para no alterar el entorno del centro histórico de la ciudad. Respecto al tiempo del trayecto, son 40 minutos desde la primera parada (Avenida de la Academia) en Parque Goya hasta la última parada (Mago de Oz) en Valdespartera.

Sin duda una de las grandes características de las que dispone son la prioridad semafórica, la cual le da preferencia en casi todos los cruces del trayecto. Con ello, el tranvía adquiere una velocidad comercial de aproximadamente 20 km/h (Los Tranvías de Zaragoza) y un ahorro de tiempo, además de poder llevar unos horarios en las paradas más exactos (aspectos muy valorados en la calidad del servicio de cara al

usuario). La prioridad semafórica consta de una tecnología de balizas que cuando pasa el tranvía por encima de ellas, las fases semafóricas se modifican para dar preferencia frente al resto de usuarios en las intersecciones.



**Ilustración 1: Trayecto y paradas del tranvía (Fuente: Los tranvías de Zaragoza)**

Respecto a la anchura de la sección tipo del tranvía depende de cada zona. En caso de ser vía doble es de 7,60 metros. Sin embargo en puntos donde ha habido mayores problemas de espacio como Avenida César Augusto, Coso, Paseo de la Independencia y Gran Vía se reduce a 7,30 metros. En el caso de vía única, la plataforma tiene una sección de 4,70 metros.





**Ilustración 2: Mapa recorrido y paradas del tranvía (Fuente: Tranvías de Zaragoza)**

Respecto a la accesibilidad del tranvía (proximidad de las paradas a la población) se muestra la siguiente tabla:

**Tabla 1: Población atendida por el trazado de la línea 1 del tranvía en función de la distancia a las paradas (Fuente: GEOT (Universidad de Zaragoza 2012))**

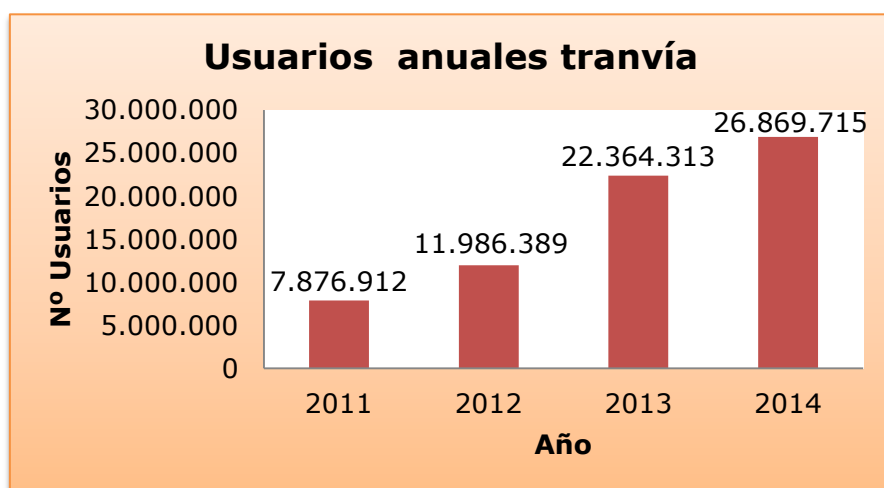
Distancia a parada (m)	% Población atendida	Cantidad de población atendida
150	7,9	55.472
300	17,3	120.738
500	27,3	189.921
750	34,6	240.905



### 3.1.2. Impacto del tranvía sobre la movilidad urbana. Usuarios del tranvía

La implantación del tranvía en la ciudad de Zaragoza, sin duda, ha producido un cambio en la movilidad de los ciudadanos. Se han modificado las líneas de autobuses, se han eliminado carriles de circulación, se han construido carriles bici y se han peatonalizado calles. Por lo tanto la mayoría de los usuarios del tranvía serán antiguos usuarios de autobús o ciudadanos que han cambiado el coche por el tranvía (este caso es más probable en los barrios como Parque Goya y Valdespartera debido a su lejanía del centro).

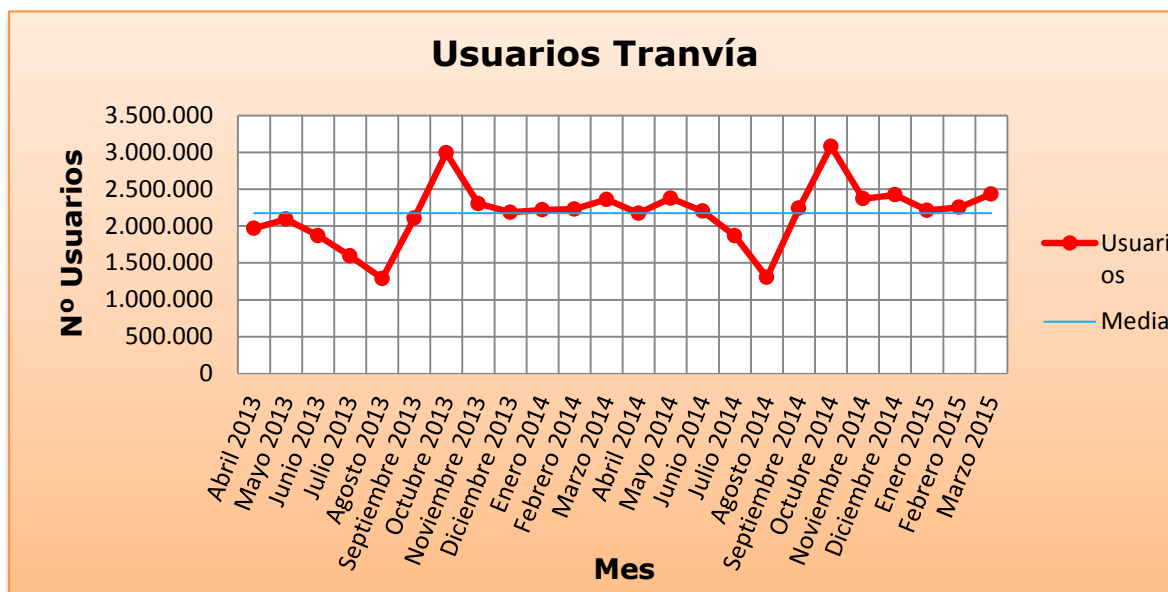
A continuación se muestra una gráfica con los usuarios anuales del tranvía desde 2011 hasta 2014:



**Ilustración 3: Usuarios anuales tranvía Zaragoza (Fuente: Elaboración propia a partir de datos "Los Tranvías de Zaragoza")**

Hay que tener en cuenta que en 2011 y 2012 solo estaba operativa la fase 1 del trazado, siendo a partir de marzo de 2013 cuando la línea operaba completamente. Se aprecia que de 2012 a 2013 se duplican los usuarios debido a lo que se ha comentado antes. En 2014 aumentó un 20% el número de usuarios respecto de 2013. Este dato hay que valorarlo sabiendo que el año 2013 tuvo 3 meses en el que operaba solo una fase del trazado.

Por lo tanto un mejor análisis sería compara el número de usuarios a partir de la inauguración de la fase 2 del tranvía:



**Ilustración 4: Usuarios tranvía abril 2013-marzo 2015 (Fuente: Ayto. Zaragoza, Servicio de Movilidad Urbana)**

Se aprecia como los meses de octubre de 2013 y 2014 son los que más usuarios transporta el tranvía debido a las Fiestas del Pilar (2.993.879 y 3.082.837 usuarios respectivamente). Los meses de verano de 2013 y 2014 son los meses en los que el tranvía es utilizado por muchos menos usuarios debido a las vacaciones tanto de trabajadores como de estudiantes (1.287.833 y 1.304.006 usuarios en agosto de 2013 y 2014 respectivamente). La media de usuarios al mes es de 2.174.490. Si despreciamos los meses de julio y agosto debido a las vacaciones de verano y el mes de octubre debido a la Fiestas del Pilar, obtenemos una media de usuarios al mes de 2.225.295. Los usuarios totales transportados por el tranvía desde abril de 2013 hasta marzo de 2015 (línea entera) es de 52.187.767.

Si analizamos el año 2014, el día del año con el record de usuarios fue el 11 de octubre con 139 946 pasajeros (Los Tranvías de Zaragoza). El tranvía siempre se ha marcado un objetivo de viabilidad: superar los 100 000 pasajeros en día laborable. En diciembre de 2014 logró dicho objetivo en siete ocasiones: (Los Tranvías de Zaragoza)

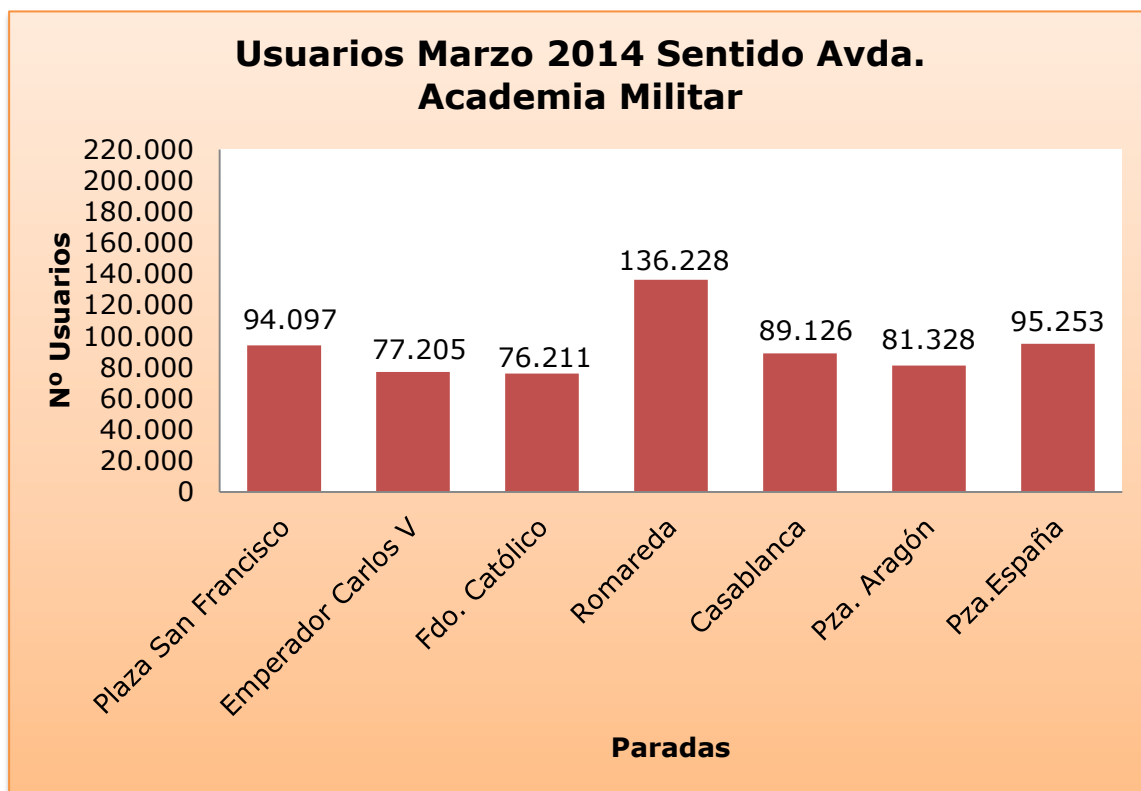
- 3 diciembre (100 687 pasajeros)
- 4 diciembre (101 563 pasajeros)
- 12 diciembre (104 696 pasajeros)
- 16 diciembre (101 051 pasajeros)
- 17 diciembre (103 622 pasajeros)
- 18 diciembre (101 253 pasajeros)
- 19 diciembre (107 262 pasajeros)

Sin embargo si se examinan los usuarios del tranvía al año las conclusiones son diferentes ya que de los cuatro años que lleva en funcionamiento el tranvía, los primeros años (2011 y 2012) se superaron los usuarios previstos (31,3% y 17,3% respectivamente). Pero los años en los que la línea ha operado completa no se ha logrado llegar a los usuarios previstos. En el caso de 2013 se esperaban 30.022.448 y se registraron 22.364.314 usuarios. En 2014 la estimación era de 30.870.138 pero llegaron a ser 26 869 683 usuarios. Por lo tanto hubo un 25,5% y 12,96% de usuarios menos previstos en 2013 y 2014 (Los Tranvías de Zaragoza). A pesar de que los usuarios del tranvía no han llegado a ser los previstos en los dos últimos años, ha habido un crecimiento notable. La clave para este análisis es el paso de línea incompleta (fase 1) a completa (fase 1 y 2). La previsión de usuarios de 2012 a 2013 se multiplicó aproximadamente por 3 y al final acabó multiplicándose por 2 los usuarios registrados.



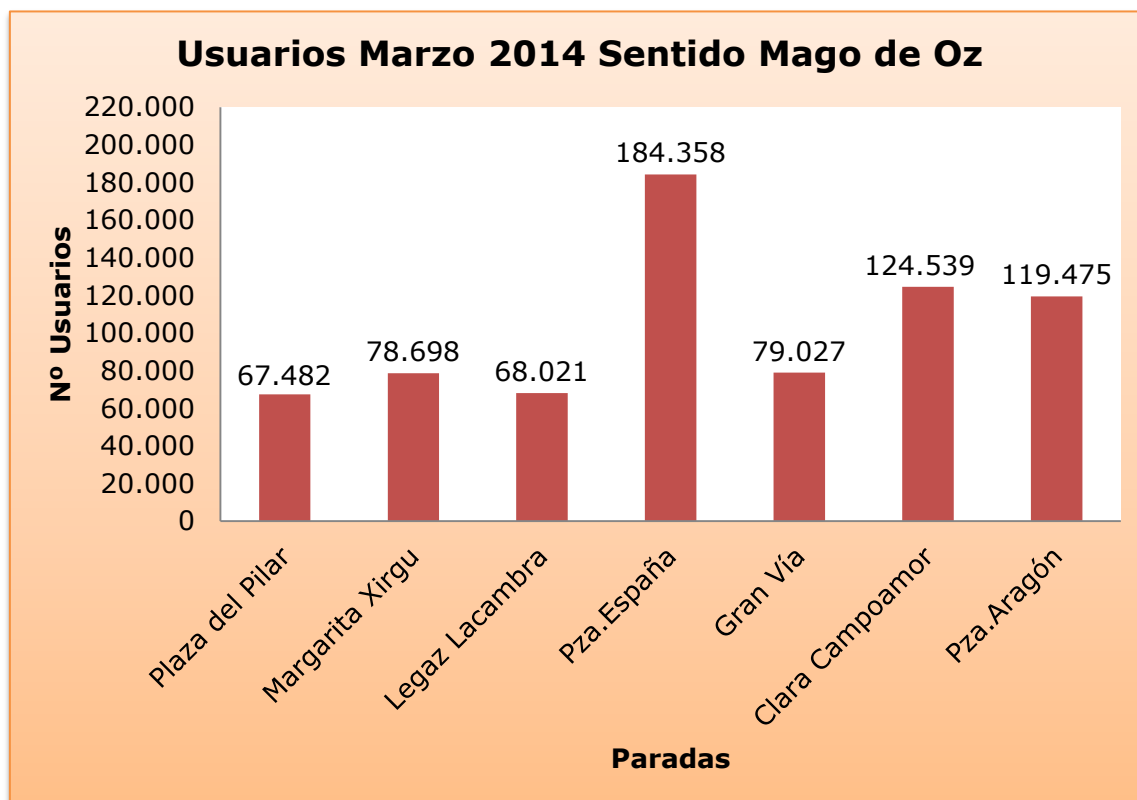
**Ilustración 5: Comparación entre usuarios previstos y registrados por el tranvía desde su puesta en marcha (Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Los Tranvías de Zaragoza)**

Respecto a los usuarios que se suben en cada parada, se ha optado por analizar el mes de marzo de 2014 ya que es un mes con 2.362.672 pasajeros al mes (cerca a la media sin contar julio, agosto y octubre) que solo contiene 1 día festivo y por lo tanto los resultados obtenidos apenas son alterados. Las paradas mostradas son las siete más utilizadas en cada sentido:



**Ilustración 6: Usuarios tranvía marzo 2014 por paradas sentido Avda. Academia Militar (Fuente: Ayto. Zaragoza, Servicio de Movilidad Urbana)**

La parada más utilizada para subirse al tranvía es Romareda influyendo el Estadio de fútbol "La Romareda", el hospital "Miguel Servet" y algunos colegios e institutos próximos a la parada. Las siete paradas más utilizadas como se puede apreciar en orden de mayor a menor son Romareda, Plaza España, Plaza San Francisco, Casablanca, Plaza Aragón, Emperador Carlos V y Fernando el Católico.



**Ilustración 7: Usuarios tranvía marzo 2014 por paradas sentido Mago de Oz (Fuente: Ayto. Zaragoza, Servicio de Movilidad Urbana)**

La parada más utilizada para subirse al tranvía fue con mucha diferencia Plaza España influyendo su localización céntrica además de los servicios y negocios próximos a ella. Las siete paradas más utilizadas en orden de mayor a menos son Plaza España, Clara Campoamor, Plaza Aragón, Gran Vía, Margarita Xirgu, Legaz Lacambra y Plaza del Pilar. Como se puede ver, de las siete paradas más utilizadas hay tres que se encuentran en el Actur y cuatro en el Centro.

Por lo tanto analizando los dos sentidos, vemos que las paradas más utilizadas se encuentran sobre todo en el Centro y también en Romareda y Actur.

Respecto al 2015, si comparamos los datos de usuarios de los tres primeros meses (6.904.785 usuarios) con los tres primeros meses de 2014 (6.813.069) vemos que ha habido un crecimiento de 1,35%. Desde su puesta en funcionamiento con la línea entera, es decir, desde abril de 2013, el tranvía ha transportado un total de 52.187.767 pasajeros.

Según los datos proporcionados por el Servicio de Movilidad Urbana, el tranvía realizó 2.285.916 kilómetros desde abril de 2013 hasta diciembre de 2014 con un total de 45.282.982 pasajeros transportados. Por lo tanto su índice de pasajeros por kilómetro (IPK) es de 19,81. Se trata de un indicador de productividad (que se utilizará también

en el apartado 3.2.2) que sirve para analizar la eficiencia del servicio de transporte público.

Un aspecto muy importante para valorar si el tranvía ha fomentado el transporte sostenible es averiguar qué modo de transporte utilizaban los usuarios del tranvía antes de la implantación del mismo. Según un estudio realizado por AC Consultores en 2014 el 66,6% de los usuarios provienen del autobús urbano y un 25% del vehículo privado.

## 3.2. AUTOBUSES URBANOS. MODIFICACIÓN DE LAS LÍNEAS

Con la llegada del tranvía se tuvo que proceder a realizar modificaciones en las líneas de autobuses urbanos de Zaragoza. Teniendo en cuenta el trazado por donde pasaba el tranvía hubo líneas que desaparecieron, otras modificaron o recortaron su trayecto y otras no fueron afectadas. En el Anexo 1 se entra más en detalle ya que se muestran todas las tablas relacionadas con los kilómetros recorridos, usuarios, IPK (Índice de Pasajeros por Kilómetro), longitudes y mapas de los recorridos de los autobuses urbanos antes y después de la aparición del tranvía. No se han tenido en cuenta las líneas nocturnas ya que no fueron afectadas por el tranvía. Las modificaciones que se han tenido en cuenta son las que se realizaron el 1 de agosto de 2013 y el 3 de febrero de 2014.

El autobús urbano junto con los vehículos privados han sido los medios de transporte más perjudicados con la aparición del tranvía. Respecto a los autobuses, a pesar de haber reducido los kilómetros recorridos por cada línea, la mayoría de IPK han bajado. Por lo tanto significa que el número de usuarios ha disminuido en mayor proporción que los kilómetros recorridos. Como es lógico las líneas que recorrían un trazado parecido al tranvía han sido las más perjudicadas como por ejemplo la 23, 30, 40, 43 además de las desaparecidas (20, 45, 141, C2, C3 Y C5). No hay que olvidarse tampoco del pequeño efecto que ha podido tener la crisis en dicha reducción, ya que uno de los grandes motivos para la movilidad diaria de los ciudadanos es el trabajo.

A pesar del bajón generalizado, sí que ha habido líneas como las circulares Ci1 y Ci2 que han aumentado ligeramente su grado de utilización.

Por el contrario las líneas creadas debido al tranvía como la 54, 55, 56, 57, 58 y 59 tienen una eficiencia demasiado baja, siendo algunas inferior a un pasajero por kilómetro.

Las tablas de comparaciones entre autobuses urbanos y el tranvía quedan reflejadas en el Anexo 1. Reflejan que ha habido una disminución de kilómetros recorridos (en torno al 10%), índice de pasajeros por kilómetro y usuarios (de la suma de usuarios de autobús urbano y tranvía, el 25-30% utilizan el tranvía). También es importante hablar de la velocidad comercial ya que como se ha comentado en la introducción, es una característica muy valorada por el usuario. La media de velocidad comercial de los autobuses urbanos es de 13,7 km/h mientras que en el tranvía es de 20 km/h aproximadamente (Proyecto Z2020XMUS, CIRCE).

### 3.3. EL TRÁFICO DE LOS VEHÍCULOS PRIVADOS Y SU AFECCIÓN A LA CALIDAD DE VIDA DE LOS CIUDADANOS

En la ciudad de Zaragoza, así como en la mayoría de ciudades españolas, aumentó de forma progresiva el parque de vehículos desde los años 70, originando a su vez un aumento de emisiones. En el año 2003, el transporte era el responsable del 21% de las emisiones de gases de efecto invernadero en la Unión Europea (Libro Verde Urbanismo y Movilidad, 2008) y más concretamente la circulación urbana el 40% de las emisiones de  $CO_2$  (Libro Verde, 2007). Es decir, ese aumento del parque de vehículos provocó un mayor número de vehículos circulando por la ciudad y en concreto por el centro, provocando mayores emisiones, congestión, ruido y peor calidad del aire. Estos hándicaps hicieron que empeorara la calidad de vida de los ciudadanos aumentando la mortalidad cardiovascular y respiratoria (Libro Verde, 2007).

Por lo tanto para reducir dichos efectos los objetivos que se tuvieron que marcar a nivel nacional fueron (Libro Verde de Medio Ambiente Urbano 2007-2009. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino):

- Reducción de la dependencia del automóvil para los desplazamientos diarios
- Fomentar y mejorar los medios de transporte alternativos más respetuosos con el medio ambiente. Este objetivo incluye la creación de infraestructura para la bicicleta y mejorar el transporte público. Con ello se conseguiría reducir las emisiones debido a la circulación urbana

- Recuperar el espacio público para el peatón mediante la peatonalización de calles o aumentando la anchura de las aceras en detrimento de los carriles de circulación.

Recalcar que la solución no es eliminar el coche del centro de las ciudades, sino evitar el abuso del mismo para los desplazamientos cotidianos mejorando así la calidad de vida de los ciudadanos (Ingeniería y Territorio, 2009). El coche se trataba del medio de transporte más atractivo ya que las calzadas eran cada vez más anchas, perdiendo terreno el peatón, con lo que conllevó una pérdida de conectividad y mayor segregación para el peatón. El aumento de la motorización y ocupación por parte de los automóviles iba de la mano del aumento de la contaminación y empeoramiento de la calidad de vida de los ciudadanos. La circulación de vehículos por las ciudades y más en concreto los coches eran los responsables del 80% de emisiones de  $NO_x$  debido al tráfico (Los medios de transporte en la ciudad. Ecologistas en acción, 2007) y 60% de emisiones de partículas (IDAE, 2006). Los coches por lo tanto producen emisiones de óxidos de nitrógeno ( $NO_2$ ), partículas en suspensión ( $PM_{10}$ ), ozono troposférico ( $O_3$ ), dióxido de azufre ( $SO_2$ ), monóxido de carbono ( $CO$ ) y compuestos orgánicos volátiles ( $COV$ ). Dicha contaminación atmosférica provoca niveles serios contra la salud. (Los medios de transporte en la ciudad. Ecologistas en la ciudad, 2007). En España más de 18 millones de personas vivían en zonas con aire contaminado (Ecologistas en acción, 2007) produciendo 16.000 muertes al año relacionadas con dicha contaminación (Ministerio de Medio Ambiente). Si entramos más en detalle en cuanto a la contaminación provocada por los vehículos privados, el motor diésel es mucho más contaminante que el motor de gasolina (a pesar de que requiera menos energía). También depende de la edad, tecnología y tipo de conducción.

Si comparamos el vehículo privado con otro medio de transporte como por ejemplo el autobús, contiene este último un ratio de emisión mucho menor por pasajero transportado ya que un autobús con 5 pasajeros contamina lo mismo por viajero que un coche con 1,5 personas de ocupación (Espacio público y transporte urbano, Comisión de Transportes del Colegio de Caminos, Canales y Puertos).

Otros medios de transporte como el tranvía suponen unas emisiones prácticamente nulas al lado de los vehículos privados ya que dicha obtención de la electricidad se realiza en centrales térmicas de carbón fuera de la ciudad, con lo cual esa pequeña contaminación la estás llevando fuera de la ciudad.



Respecto al ruido, que es otro de los problemas generados por la circulación excesiva de vehículos privados, comentar que según la Unión Europea el 74% de los españoles estuvo expuesto a niveles sonoros superiores a 55 dB debido a la circulación (Ministerio de Medio Ambiente, 2002) y que el 66 % de los residentes de ciudades medianas y grandes estaban bajo niveles inaceptables (La contaminación acústica en nuestras ciudades, B. García y F.J. Garrido 2003). El ruido también provoca problemas en la salud de los ciudadanos siendo el 80% originado por el tráfico ( DGT Revista 170, 2005). La cantidad de ruido generado depende de la intensidad de vehículos circulando por las calzadas y las colas que se puedan originar.

Existen medios de transporte como los tranvías y trolebuses que apenas generan ruido y transportan una gran demanda de viajeros (Los medios de transporte en la ciudad. Ecologistas en acción, 2007). El tranvía por ejemplo emite 46 veces menos de ruido que los coches (Espacio público y transporte urbano, Comisión de Transportes del Colegio de Caminos, Canales y Puertos). Pero no solo el tranvía puede suplir la demanda de viajeros de los coches generando menor ruido que estos últimos, el desplazamiento a pie y en bicicleta combinado con el tranvía es una buena combinación.

Por último, la congestión es otro de los problemas causados por el uso excesivo del coche y que perjudica a la calidad de vida de los ciudadanos. Si analizamos el espacio público que necesita cada medio de transporte, el coche utiliza 90 veces más que el autobús o tranvía (Asociación Internacional de Transporte Público, 2003). Por lo tanto el coche es el mayor responsable de la congestión en las ciudades que a su vez provoca pérdida de tiempo y mayores emisiones.

En resumen, las medidas que se han tomado en ciudades como por ejemplo Zaragoza es reducir espacio al coche para ganarlo a medios de transporte más sostenibles como el desplazamiento a pie, bicicleta y tranvía. De esta forma se reducen los impactos negativos sobre los ciudadanos y se mejorara la calidad de vida de los mismos.

## 4. DESARROLLO

En el siguiente apartado se van a mostrar los paquetes de trabajo comentados en la metodología. Cada uno de ellos aportará información que ayudará a llegar a unas conclusiones que cumplan el objetivo principal del TFG.

### 4.1. MOVILIDAD A PIE Y EN BICI

#### *4.1.1. Movilidad a pie. Transformación y peatonalización por la implantación del tranvía*

Como ya se ha comentado en la introducción el documento, el tranvía no solo hay que analizarlo como medio de transporte sino también lo que conlleva su implantación. En este caso las zonas por donde iba a pasar su trazado sufrieron una importante modificación, muy especialmente en la zona centro de la ciudad. A continuación se hará un análisis de los cambios producidos en las calles más importantes por las que pasa el trazado.

Como resumen de lo examinado en el Anexo 2 del TFG, se puede establecer que ha habido una ligera mejoría de cara a la movilidad a pie ya que se ha ganado cierto espacio para el peatón. La mejora no consiste solo en ganar algo de espacio para el peatón sino mejorar los bulevares, avenidas y dándoles una continuidad que no tenían.

En el caso de calles como El Coso se ha realizado una peatonalización total eliminando todos los carriles de circulación existentes aunque hay un pequeño tramo en el que sí que se permite la circulación. Por lo tanto el espacio de la calle está dedicado para el peatón y el tranvía. Se pasa de una superficie peatonal del 36,8% al 100%.

En cuanto al Paseo Independencia también sufrió una transformación importante pero más enfocada a la configuración viaria que a la superficie peatonal. Pasó de tener una calzada con tres carriles de circulación en cada sentido a un carril por sentido para dar paso al tranvía en la zona central del Paseo. Es decir la superficie peatonal se mantuvo en el 60,9% (aunque fue ampliada unos pocos años atrás) y se aumentó la conectividad entre ambos extremos ya que se colocaron tres pasos de cebra más.

Respecto al Paseo Fernando El Católico, se hizo una remodelación centrándose más en lo estético ya que la superficie peatonal se mantiene prácticamente igual. Se

suprimieron dos carriles de circulación a cada lado para dar paso al tranvía. O sea que la mejora principal respecto a la movilidad a pie se produjo en el bulvar ya que se eliminó la vegetación de los extremos que impedía ver más allá del bulvar haciéndolo más atractivo. También se instaló un carril bici bidireccional.

El ejemplo de Gran Vía es muy parecido al de Fernando El Católico, la mejora también se centra en la estética del bulvar, se construye un carril bici, se les da continuidad en las intersecciones y se modifica la configuración viaria (se suprimen dos carriles de circulación para cada sentido para dar paso al tranvía).

La Plaza España y la Plaza Paraíso ganan superficie peatonal aunque de forma diferente. De la plaza España se eliminaron los carriles de circulación que conectaban el Paseo Independencia con el Coso Alto para peatonalizarlo y dar paso al tranvía. El caso de Plaza Paraíso consistió en eliminar la rotonda y la fuente para transformarla en un pequeño bulvar donde conviven los peatones con un carril bici y las vías del tranvía a los extremos. Asimismo se gana conectividad entre Gran Vía e Independencia ya que anteriormente dicha conectividad era inexistente.

En relación a la Plaza San Francisco, se mantiene la superficie peatonal existente anteriormente pero se mejora la estética de la plaza con un espacio más libre para el peatón. De instalaron las vías del tranvía en los extremos y un carril bici paralelo a las mismas.

## 4.1.2. Movilidad en bici

### 4.1.2.1. Carriles bici antes y después implantación tranvía

La bicicleta se trata del medio de desplazamiento más rápido en las ciudades para distancias de hasta 8 kilómetros (Centro Ambiental del Ebro, "Las bicicletas son para Zaragoza"):



**Ilustración 8: Gráfica minutos por kilómetro realizado para los desplazamientos de cada medio de transporte en las ciudades (Fuente: Centro Ambiental del Ebro, "Las bicicletas son para Zaragoza")**

## Desarrollo

Tras la llegada del tranvía hubo que realizar transformaciones urbanísticas de las zonas por donde iba a pasar el trazado del mismo. Por lo tanto se aprovechó para construir carriles bici paralelos al recorrido del tranvía. Lo que se va a examinar en este apartado es lo que ha influido el tranvía en la bicicleta desde el aspecto de la infraestructura, es decir, la construcción de carriles bici.

El Plan de Movilidad Sostenible redactado en 2006 y aprobado en abril de 2008 (Centro Ambiental del Ebro, "Las bicicletas son para Zaragoza") fue una de las claves para que la ciudad empezara a tener carriles bici. En 2003 Zaragoza apenas contaba con 13 kilómetros (Guía 20 minutos). Pero además del Plan de Movilidad Sostenible, el uso de la bicicleta en Zaragoza se potenció debido a la Expo con el Plan de acompañamiento (2008), la creación del servicio público de bicicletas (mayo de 2008), el Plan de Empleo Estatal (2009) y las obras de la línea 1 del tranvía (2009-2013). Este fomento de la bicicleta se ha visto frenado actualmente por el cambio en la normativa de circulación de peatones y ciclistas (Ayuntamiento Zaragoza).

Para el análisis de los kilómetros de carriles bici se van a utilizar varios años de comparación, de esta forma se podrá ver la evolución y lo que ha podido afectar el tranvía en cuanto al número y longitud de carriles bici. La información se ha obtenido del Servicio de Movilidad Urbana del Ayuntamiento de Zaragoza. Los años que se van a utilizar para la comparación son 2008 (debido a la EXPO de Zaragoza), 2009 (comienzo de las obras del tranvía), 2011 (terminación de las obras de la primera fase del tranvía) y 2014 (ya operando el servicio completo del tranvía). Para la comparación además de los años se van a utilizar los carriles bici paralelos al tranvía que nos va a mostrar una comparación más detallada ya que son los carriles bici en los que le influyo directamente el tranvía. Para empezar a citar datos es mejor empezar por los más actuales, así se puedan utilizar porcentajes para la comparación con años precedentes. A continuación se muestra una tabla con las longitudes de carril bici en los años citados:

**Tabla 2: Comparación de longitud total de carriles bici en Zaragoza (Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Ayto. de Zaragoza, Servicio de Movilidad Urbana)**

Año	Longitud carriles bici (metros)	Porcentaje
2014	116.589	100%
2014 (Paralelos al tranvía)	10.100	8,66%
2011	102.858	88,22%
2009	92.524	79,36%
2008	78.137	67,02%

El 8,66% de la longitud de carriles bici en Zaragoza en 2014 eran paralelos al tranvía y cuando comenzaron las obras del tranvía ya había el 79,36%, es decir, el 21% aproximadamente viene después del tranvía. Por tanto se puede afirmar que poco se vieron afectados por el tranvía en cuanto a longitud se refiere. En el siguiente apartado se valorarán los usuarios de bicicleta pública en cada estación de bizi y se podrá entrar más en detalle sobre si se ha producido un impulso de la bicicleta con la implantación del tranvía.

#### 4.1.2.2. Número de abonados y estadísticas de uso de la "bizi" y estaciones

Como encontrar estadísticas y encuestas de uso de la bicicleta privada ha sido imposible debido a que la más actual data del 2007 en la "Encuesta de Movilidad Urbana" y con esa fecha es imposible sacar conclusiones efectivas para dicho estudio. Por lo tanto se ha optado por recoger información del uso de la bicicleta pública ("servicio bizi") ya que sí que se contiene información de fechas más actuales. La información recogida y que se ha examinado ha sido el número de abonados y el uso de las estaciones y la "bizi". Para comparar la información se ha utilizado el mes de marzo de 2013, 2014 y 2015 para el uso de estaciones y respecto al número de abonados y uso de la "bizi", se van a mostrar los 31 de diciembre desde 2009 hasta 2014:



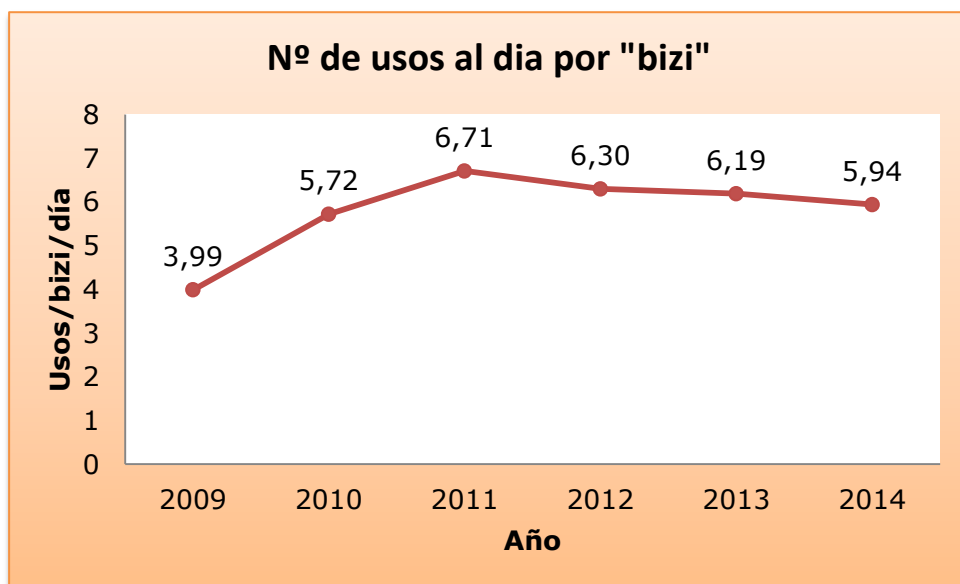
**Ilustración 9: Nº de abonados vigentes al servicio bizi (Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Ayto. de Zaragoza, Oficina de la Bicicleta)**

El número de abonados vigentes creció desde 2009 hasta 2012 (siendo el mayor incremento en el año 2011 pasando de 28.086 a 38.732 abonados) es decir, un

## Desarrollo

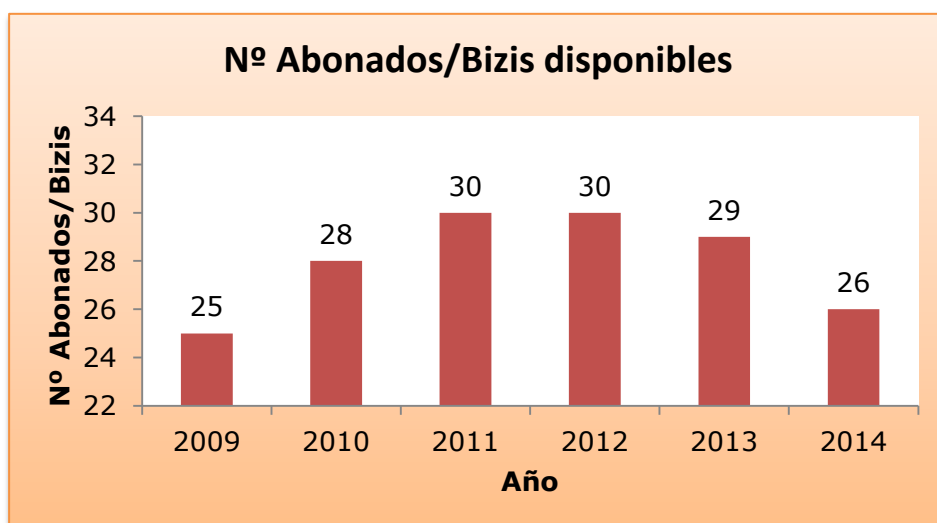
37,9% más. El año 2013 continuó con un ligero descenso y en 2014 el mayor descenso (debido a la sentencia del Tribunal Superior de Justicia de Aragón que provocó la derogación de la Ordenanza Municipal).

Como el uso depende mucho del nº de bicicletas públicas disponibles, se va a representar el número de usos por bicicleta pública al día que nos mostrará de mejor forma el fomento y uso de la bicicleta:



**Ilustración 10: Nº de usos de cada "bizi" al día (Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Ayto. de Zaragoza, Oficina de la Bicicleta)**

Se produce un incremento brusco desde el año 2009 hasta el año 2011. A partir de ese año, ha vuelto a bajar aunque de manera más suave.



**Ilustración 11: Nº Abonados por cada "bizi" disponible (Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Ayto. de Zaragoza, Oficina de la Bicicleta)**

A pesar de la sentencia del Tribunal Superior de Justicia de Aragón aprobada en septiembre de 2014 que prohíbe circular por las aceras a los ciclistas (Ayuntamiento de Zaragoza), que puede alterar los resultados, se pueden sacar conclusiones sobre si ha afectado el tranvía a la movilidad en bicicleta pública examinando la tabla 13 del Anexo 3:

- Las 3 estaciones de tranvía más usadas (Plaza España, Gómez Avellaneda-Clara Campoamor y Pza. San Francisco-Universidad) de las 130 disponibles están situadas próximas al trazado del tranvía conectadas con carriles bici que se construyeron debido al paso del mismo.
- **De las 10 estaciones de tranvía más usadas, 7 se encuentran al lado de la línea 1 del tranvía.**
- Solo 7 estaciones de 130 han aumentado su uso en 2015 respecto 2013 dejando muy claro que la sentencia ha afectado a los ciudadanos que tiene miedo a coger la bicicleta por miedo a que le multen o por desconocimiento de las calles por donde se puede circular.
- **El mayor aumento de abonados coincide con la implantación de la fase I del tranvía (2011) aunque a partir de ese año se ha producido un decremento de forma suave (afectado en 2015 por la sentencia del cambio de normativa de circulación de peatones y ciclistas).**
- **El uso de la bicicleta pública aumentó desde 2009 hasta 2011 (siendo el mayor incremento en 2011) coincidiendo con la inauguración del tranvía. A partir de 2011 hasta la actualidad ha ido produciéndose un ligero descenso cada año. Cuando hablamos del uso, nos referimos por día y por "bizi" disponible ya que estos datos no se pueden representar con números absolutos debido a que la disponibilidad de las mismas condicionan mucho las conclusiones.**
- **A pesar de que los carriles bici paralelos al tranvía solo representan el 8,66% del total de carriles bici de la ciudad, son itinerarios muy usados y vías de movilidad en bici importantes.**

## 4.2. CONFIGURACIÓN VIARIA

### 4.2.1. *Modificaciones en la capacidad de los viales afectados por el tranvía*

La capacidad es una característica muy importante en las secciones viarias de cara al tráfico. Es el ratio máximo de vehículos por hora que pueden atravesar una sección uniforme de calzada durante un periodo de tiempo determinado y en unas condiciones de tráfico, calzada y control (Highway Capacity Manual 2000). Al fin y al cabo con las obras del tranvía lo que afecto a la sección viaria fue la supresión de carriles, la cual se examinará más adelante.

Para representar las modificaciones que han sufrido las capacidades viales de las calles que atraviesa el tranvía se han utilizado las tablas 20 y 21 en el Anexo 4. Se ha dividido el análisis en dos partes (los dos sentidos del trayecto del tranvía). En el sentido Norte-Sur se pueden sacar las siguientes conclusiones:

- Fernando El Católico y Paseo Independencia disminuyen un 66,6% su capacidad ya que pasan de 3 carriles a solo 1.



**Ilustración 12:** Foto del Paseo Independencia con 3 carriles en cada sentido (Fuente: [www.panoramio.com](http://www.panoramio.com))

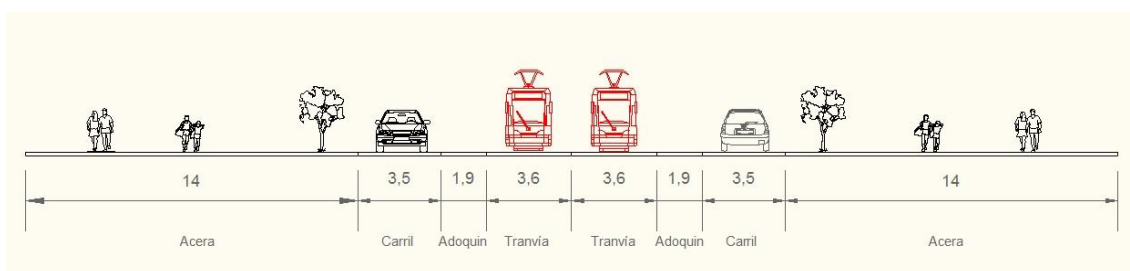


**Ilustración 13:** Sección transversal del Paseo Independencia antes de las obras del tranvía. Dimensiones en metros. (Fuente: Plan Equipamiento Comercial Zaragoza, 2009)





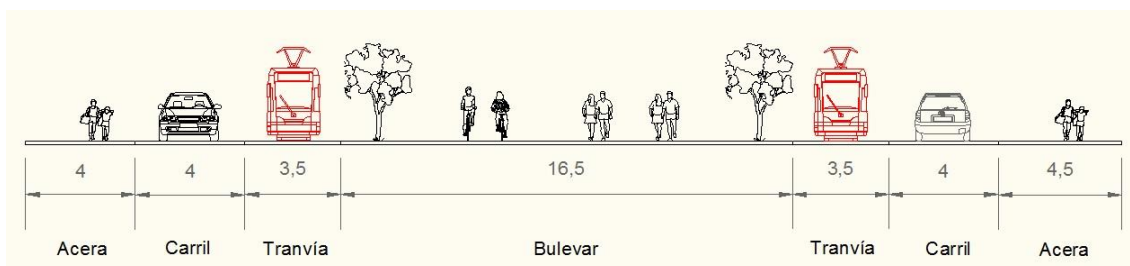
**Ilustración 14: Foto del Paseo Independencia en la actualidad (Fuente: El Heraldo)**



**Ilustración 15: Sección transversal del Paseo Independencia en la actualidad. Dimensiones en metros. (Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Ayto. Zaragoza, Servicio de Movilidad Urbana)**



**Ilustración 16: Sección transversal de Fernando El Católico previa a la implantación del tranvía. Dimensiones en metros. (Fuente: Plan Equipamiento Comercial Zaragoza, 2009)**



**Ilustración 17: Sección transversal Fernando El Católico tras las obras del tranvía. Dimensiones en metros. (Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Ayto. de Zaragoza, Servicio de Movilidad Urbana)**

- César Augusto pierde toda su capacidad ya que se peatonalizó completamente permitiendo solo el paso del tranvía y de los peatones.



**Ilustración 18: Situación de la Av. César Augusto antes de la implantación del tranvía**  
(Fuente: [www.panoramio.com](http://www.panoramio.com))



**Ilustración 19: Foto de la Av. César Augusto con el tranvía en funcionamiento** (Fuente: Zaragoza Turismo)

- Gran Vía y la avenida Majas de Goya bajan un 50% ya que disponen de 1 carril en vez de 2 como anteriormente.
- En el barrio del Actur se suprimió un carril de los 3 existentes (Gómez Avellaneda). Lo mismo ocurrió en Isabel La Católica, Vía Ibérica y Puente Santiago.

- No todas las calles sufrieron modificaciones de capacidad. En Valdespartera, Luciano Gracia, Ranillas y Coso se mantuvieron como estaban.

En el sentido sur-norte tenemos resultados parecidos pero con modificaciones más fuertes en algunas zonas:

- Tenemos una pérdida total de capacidad en César Augusto y el Coso que también se peatonalizó debido a las obras del tranvía.

3,50	0,00	6,00	0,00	6,00	0,00	3,50
Acera	Estac.	Carriles	Mediana	Carriles	Estac.	Acera

**Ilustración 20: Sección transversal El Coso. Dimensiones en metros. (Fuente: Plan Equipamiento Comercial Zaragoza, 2009)**

- El Puente Santiago, Paseo Independencia y Fernando El Católico disminuyen un 66,6% pasando de 3 carriles a solo uno.



**Ilustración 21: Situación del Puente de Santiago antes del tranvía (Fuente: Guía nueva movilidad urbana Zaragoza)**



**Ilustración 22: Foto del Puente de Santiago tras la implantación del tranvía (Fuente: Guía nueva movilidad urbana Zaragoza)**

## Desarrollo

- Gran Vía y Majas de Goya (Parque Goya) redujeron a la mitad su capacidad eliminando uno de los carriles existentes.
- María Zambrano (Actur), Vía Ibérica e Isabel La Católica disminuyeron un tercio aproximadamente su sección viaria.

### *4.2.2. Estudio comparativo de las IMD en calles en el entorno del tranvía y su relación con la configuración viaria*

Como se ha hablado en el Estudio del Estado del Arte, el tráfico rodado en las ciudades afecta a la calidad de vida de los ciudadanos y la disminución del mismo tiene consecuencias positivas para los peatones. En este apartado se van a mostrar los resultados obtenidos en las calles que atraviesa el tranvía, perpendiculares y las paralelas más próximas. Debido a que en el 2008 se desarrolló la EXPO y en 2009 comenzaron las obras del tranvía que duraron hasta 2013, se ha optado por comparar los años 2007 y 2014 que no nos van a alterar los resultados. Además se tendrá en cuenta el efecto de la crisis económica reduciendo un 7% los resultados (López, 2013). Las IMD mostradas son de días laborables y no se han tenido en cuenta los meses de Julio y Agosto, ni navidades y semana santa. La mayoría están calculadas mediante aforos móviles que se coloan 48 horas al año y se hace el consecuente cálculo para todo el año. En algunas zonas como Parque Goya, Valdespartera y Vía Ibérica debido a que no se disponen de las IMD en 2007, se han utilizado las de 2008, 2009 o 2010.

A la hora de citar las conclusiones obtenidas en las tablas de comparación, las vamos a dividir en calles pertenecientes al entorno del tranvía, perpendiculares y paralelas próximas al mismo. Todo ello para analizar si los vehículos las han podido escoger como alternativas de trayecto.

Pertenecientes al trazado del tranvía (Tablas 22, 23 y 24 del Anexo 4)):

- De las 46 calles o zonas estudiadas, solo 3 aumentaron su tráfico de vehículos (La parte final de Vía Ibérica y Luciano Gracia). Por lo tanto se ve una disminución clara de las IMD allá donde transita el tranvía debido a la pérdida de capacidad de las vías.
- Las mayores reducciones de IMD se dan (aparte de en las peatonalizadas completamente como El Coso y César Augusto) en el Puente Santiago y Fernando El Católico.

- **Si sumamos todas las intensidades medias diarias de 2007 (2009 o 2010 según qué zonas) y 2014 obtenemos una reducción del 52,41%. Si tenemos en cuenta la crisis, se reduce a 45,41% aproximadamente.**

Perpendiculares al entorno del tranvía (Tabla 25 del Anexo 4):

- De las 51 zonas estudiadas, 12 aumentaron su intensidad media diaria (considerando el efecto de la crisis).
- Las mayores reducciones de IMD se dan en Clara Campoamor entre Z. Sotomayor y Gómez Avellaneda (47,5%), Avenida Pirineos entre Valle Broto y Avenida Ranillas en ambos sentidos (40,21% y 44,89% respectivamente), César Augusto entre Telesforo Peromarta y Ramón Pignatelli en ambos sentidos (54,62% y 46,86% respectivamente) y El Coso entre Jerónimo Blancas y Josefa Amar y Borbón (61,47%).
- **El total de las intensidades medias diarias de 2007 y 2014 nos dan una diferencia de 163.211 vehículos al día menos, es decir, una disminución del 21,34% y teniendo en cuenta la crisis un -14,34%.**

Paralelas próximas al trazado del tranvía (Tabla 26 del Anexo 4):

- De las 20 zonas estudiadas, 9 aumentaron su tráfico de vehículos. El claro ejemplo es Avenida Ranillas que aumenta su IMD en las 4 zonas. La explicación se debe a que los conductores quieren evitar Gómez Avellaneda y María Zambrano ya que prefieren utilizar Avenida Ranillas que no ha sufrido modificación en su capacidad. Eso si hay que resaltar que las IMD son de 2008 ya que en 2007 no se disponían de aforos en dicha avenida. Otra zona que sufrió un aumento considerable fue Avenida Valencia entre las calles José García Sánchez y Franco y López.
- Los decrementos de IMD más grandes se dan en dos zonas de Paseo María Agustín, entre Basilio Boggiero-Conde Aranda (-33,89%) y Jesús Muro Sevilla-Anselmo Clave (-29,44%).
- **La resultante del sumatorio de las IMD de 2007 y 2014 de cada zona nos dan una diferencia de 58.226 vehículos al día menos, por lo tanto un descenso del 14,5%. Si se valora la crisis, tenemos una disminución del 7,5%.**

Las conclusiones finales que se pueden obtener del análisis comparativo de las IMD son que ha habido un descenso del tráfico de vehículos rodados circulando por el entorno del recorrido del tranvía (en mayor porcentaje en las calles que atraviesa el



tranvía debido a su reducción de capacidad). **Pero también ha habido un descenso en la IMD global de la ciudad pasando de 1.901.172 vehículos/día en 2009 a 1.667.110 vehículos/día en 2013 (CIRCE, Z2020XMUS), suponiendo un decremento real del 12,31% pero con la afección de la crisis se reduce a 6,87%.** Otra conclusión es que a pesar de que ha habido menos vehículos circulando, sí que es verdad que algunos conductores optaron por desviar sus itinerarios para evitar las calles que perdieron parte de su capacidad pero en líneas generales se ha conseguido disminuir el uso del vehículo privado.

#### *4.2.3. Comparación del estado del tráfico rodado antes y después de la implantación del tranvía*

En este apartado se va a examinar el estado del tráfico rodado en las calles pertenecientes al entorno directo del tranvía en cuanto a la ocupación de las secciones viarias, es decir, el ratio intensidad/capacidad y la congestión. Para el ratio intensidad/capacidad nos basamos en las tablas 30, 31 y 32 del Anexo 4:

- De las 44 zonas analizadas, 26 disminuyeron su ocupación de la sección viaria (59%), 4 se mantuvieron igual (9%) y 14 aumentaron su ratio (32%). Por lo tanto se puede afirmar como norma general que además de haber reducido la capacidad de las vías, se ha bajado la ocupación en las mismas.
- Donde más se ha reducido el ratio ha sido en las calles que se han peatonalizado como El Coso y Avenida César Augusto. El Paseo Independencia a pesar de ser una de las secciones que más bajaron su capacidad, ha aumentado el ratio considerablemente, además de algunas zonas de Fernando El Católico.
- **La media del ratio intensidad/capacidad de las calles pertenecientes al trazado del tranvía en 2007 (2009 y 2010 según que partes) fue de 0,47 mientras que en 2014 fue de 0,39.**

Respecto a la congestión, nos centramos en un estudio realizado por el GPS Tom Tom en 2013, que sitúa a Zaragoza en el puesto 58 de 60 entre las grandes ciudades europeas con un 15% de nivel de congestión, es decir, la tercera ciudad europea con menor congestión. Aunque si despreciamos la congestión en autopistas y autovías, el nivel de congestión sube al 22%, ocupando el puesto 57.

## Zaragoza



**Ilustración 23: Nivel de congestión de Zaragoza en el año 2013 (Fuente: GPS Tom Tom)**

## 4.3. GRADO DE CONTAMINACIÓN

### 4.3.1. Emisiones

En el siguiente apartado vamos a hacer una división del cálculo de emisiones en dos partes:

- Tráfico rodado
- Autobuses urbanos y tranvía

#### 4.3.1.1. Tráfico rodado

Para mostrar los resultados obtenidos en el cálculo de emisiones del tráfico rodado, nos vamos a basar en el Anexo 5.2. En dicho anexo están explicados los datos y la metodología que han sido necesarios para conseguir los resultados.

Los contaminantes que se van a examinar son los que aceptan el uso de la metodología simple:

- CO (Monóxido de Carbono)
- NOX y N2O (Óxidos de Nitrógeno)
- CO2 ( Dióxido de Carbono)

Analizando los resultados conseguidos en la tabla 54 del Anexo 5.2, se aprecia que el contaminante con mayores gramos de emisión al día es el CO2 con bastante

## Desarrollo

diferencia respecto al resto. Comparando los años de 2007 y 2014 en las calles por donde transita el tranvía, **se han reducido al día** 32.288.996,86 gramos de **CO<sub>2</sub>**, es decir, un **65,91%**. Por porcentaje de reducción, también lo tiene elevado el **CO** con un **65,44%** (253.867,02 gramos menos). Le sigue el **NOX** con un **46,06 %** (40 260,94 gramos de disminución) y por último el que menos ha bajado de los cuatro contaminantes ha sido el **N<sub>2</sub>O** con un **37,17%** (451,07 gramos).

Hay que tener en cuenta que los valores mostrados son de las calles pertenecientes al trazado del tranvía y por lo tanto son las calles que más han disminuido su IMD. Las perpendiculares y paralelas al entorno del tranvía tendrán valores más bajos.

Resaltar también que al no disponer del parque de vehículos de 2014, se han calculado las emisiones de 2014 respecto al parque de vehículos de 2013 ya que era el más actual disponible.

Como las emisiones de CO<sub>2</sub> son las que mayor grado de contaminación presentan (99,03% de las emisiones totales entre los cuatro contaminantes), se van a analizar con más detalle. En 2007 los turismos representaron el 74,73% de las emisiones siendo el 25,27% restante para los autobuses, camiones, furgonetas, motocicletas y ciclomotores.

### *4.3.1.2. Autobuses urbanos y tranvía*

Se ha decidido separar los autobuses urbanos del tráfico rodado para poder compararlo con el tranvía ya que la implantación del último supuso la modificación o eliminación de varias líneas de autobuses urbanos. Para analizar los resultados nos basaremos en las tablas 58 y de la 61 a la 65 del Anexo 5.3.2 y 5.3.3. Las fechas se han escogido debido a la modificación de las líneas de autobuses urbanos en agosto de 2013 y febrero de 2014.

En cuanto a las **emisiones de autobuses urbanos**, tras haber reducido sus kilómetros recorridos por la modificación o eliminación de líneas, se **ha reducido un 17% aproximadamente las emisiones de CO<sub>2</sub> al mes** (entre 326.000.000 y 328.000.000 de gramos).

Respecto a las emisiones del tranvía debido a la obtención de electricidad para el funcionamiento del mismo, se generan aproximadamente valores entre 282.000 y 284.000 gramos al mes de CO<sub>2</sub>. Conviene remarcar que dichas emisiones no se producen en la ciudad, sino fuera de Zaragoza en una planta de obtención de electricidad. Por lo tanto dichas emisiones no se dan en la ciudad.



Si tenemos en cuenta entonces **las emisiones del tranvía sumando las emisiones del mismo con las de los autobuses en 2014 y las comparamos con las de los autobuses en 2007, se ha producido una reducción del 2% al mes** (entre 42.000.000 y 46.000.000 gramos de disminución de CO<sub>2</sub>). De la suma de emisiones del 2014, el tranvía supone un 15% y los autobuses urbanos un 85% de las emisiones.

### *4.3.2. Inmisiones*

Además de las emisiones provocadas por el tráfico rodado, también es importante conocer las inmisiones que recogen las estaciones de la ciudad, ya que nos pueden servir de apoyo para llegar a conclusiones más certeras. En este estudio nos hemos centrado concretamente en las estaciones que se encuentran en el entorno del tranvía:

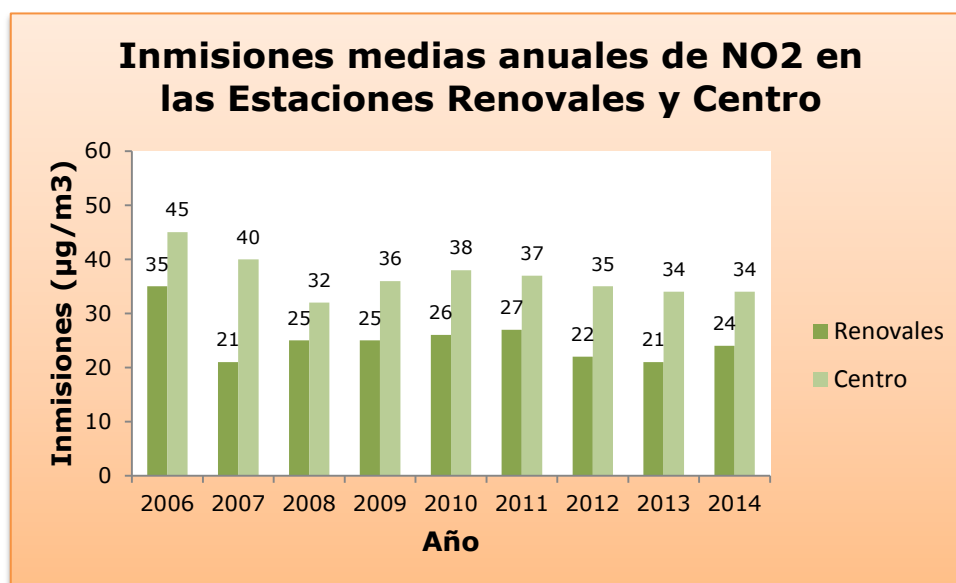
- Estación Centro (Ubicada en el Paseo Independencia)
- Estación Renovales (Ubicada en el Parque Primo de Rivera)

Para mostrar los resultados, hemos clasificado las emisiones en medias anuales y máximas diarias. Los contaminantes recogidos en las inmisiones son los siguientes:

- **PM 10 Y PM 2.5** (Partículas): provienen generalmente de sistemas de calefacción de edificios y el tráfico rodado (Ayuntamiento de Madrid, Medio Ambiente).
- **CO** (Monóxido de Carbono): el principal emisor de este contaminante es el tráfico rodado debido a los motores de los vehículos (Ayuntamiento de Madrid, Medio Ambiente).
- **SO<sub>2</sub>** (Dióxido de Azufre): su fuente principal son las industrias y el tráfico rodado (Ayuntamiento de Madrid, Medio Ambiente).
- **NO<sub>2</sub>** (Dióxido de Nitrógeno): es un contaminante en el que lo emiten directamente los vehículos de motor especialmente los que funcionan con diésel. (Ayuntamiento de Madrid, Medio Ambiente).

#### *4.3.2.1. Medias anuales*

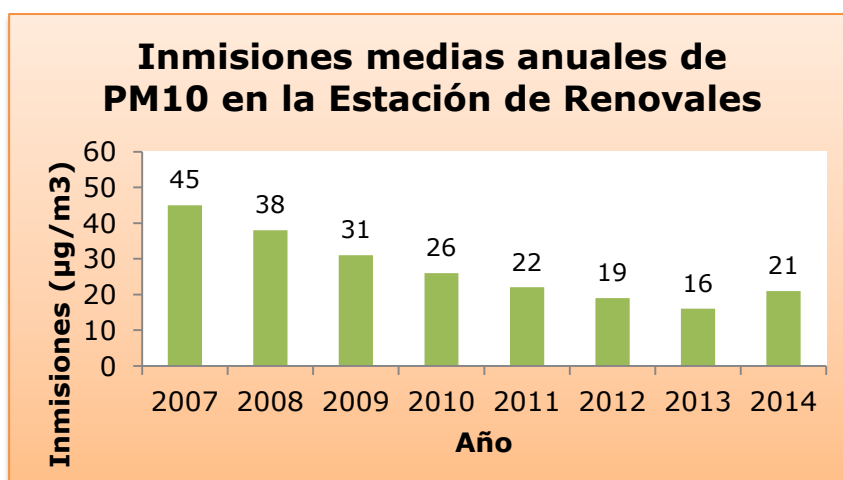
A continuación se muestran las tablas con los datos de las inmisiones recogidas de cada contaminante en cada estación:



**Ilustración 24: Inmisiones medias anuales de NO<sub>2</sub> en las Estaciones Renovales y Centro desde 2006 hasta 2014 (Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Ayto. de Zaragoza, Agencia de Medio Ambiente y Sostenibilidad)**

Respecto a la **Estación Centro**, de 2006 a 2014 se ha producido **un descenso de NO<sub>2</sub> del 24,44%**, siendo el año 2008 cuando marcó el valor más bajo, volvió a subir hasta 2010 debido posiblemente a las obras del tranvía. Posteriormente volvió a bajar levemente.

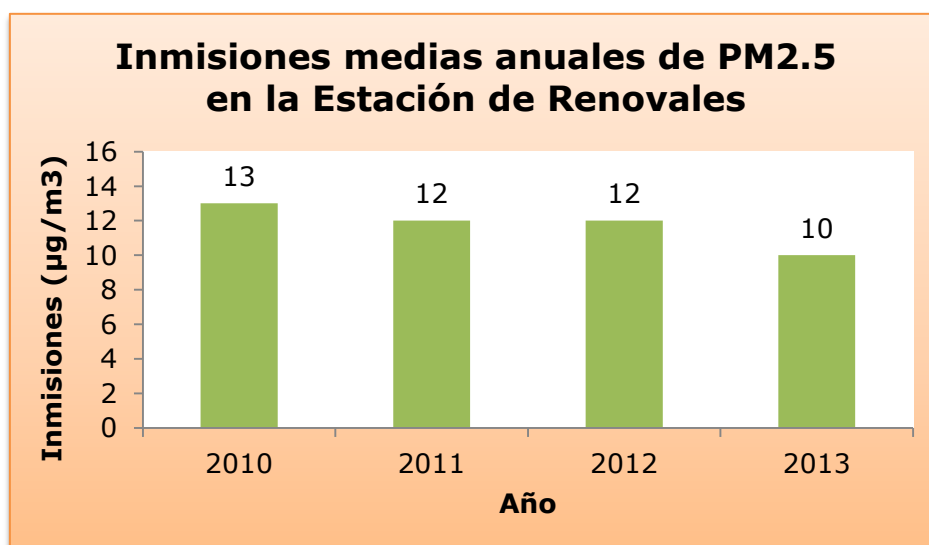
En cuanto a la **Estación Renovales** el año 2006, estableció un valor bastante alto bastante fuera de lo común. En el año 2007 registró el valor más bajo junto con 2013. Si comparamos el año 2007 con el 2014, **ha aumentado un 14,28%** manteniéndose valores semejantes durante esos años.



**Ilustración 25: Inmisiones medias anuales de PM<sub>10</sub> en la Estación de Renovales desde 2007 hasta 2014 (Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Ayto. de Zaragoza, Agencia de Medio Ambiente y Sostenibilidad)**

Remarcar que el valor de 2014 está afectado por las intrusiones de polvo sahariano. Dado que en el momento de recogida de datos, el Ministerio de Medio Ambiente no había aplicado los posibles descuentos debido a dichas intrusiones, el valor de 2014 no está aplicado dicho descuento.

Como el valor de 2014 no es real, se va a comparar desde el año 2007 hasta 2013. El descenso entre los años comentados fue de 53,33% influyendo claramente el descenso del tráfico. El descenso en esos se años se produjo de forma constante.



**Ilustración 26: Inmisiones medias anuales de PM2.5 en la Estación de Renovales desde 2010 hasta 2013 (Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Ayto. de Zaragoza, Agencia de Medio Ambiente y Sostenibilidad)**

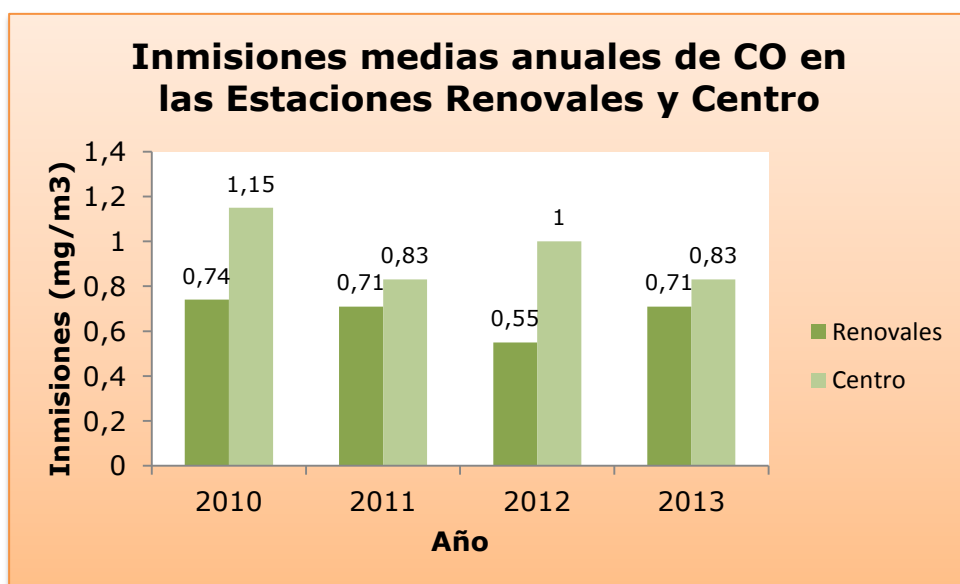
Entre el año 2010 y 2013 **se redujo en un 23,08% las inmisiones de PM 2.5**. El bajón no es tan pronunciado como en PM 10 pero sí que ha afectado la reducción del tráfico.

Las partículas en suspensión (PM10 Y PM2.5) son contaminantes que influyen en las vías respiratorias y tienen efecto sobre la salud. En el caso de la partículas PM10 (contienen un tamaño de menos de 10 µm de diámetro) tienen una mayor afección a las vías respiratorias. Por otro lado, las partículas PM2.5 (diámetro menor de 2,5 µm) se depositan en la parte más profunda de las vías respiratorias y pueden generar efectos más graves en la salud (Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente).



**Ilustración 27: Inmisiones medias anuales de SO<sub>2</sub> en las Estaciones Renovales y Centro desde 2010 a 2013 (Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Ayto. de Zaragoza, Agencia de Medio Ambiente y Sostenibilidad)**

Tanto en la Estación Renovales como en Centro los valores de inmisión sufren un descenso de 2010 a 2012 pero aumentan en 2013. La comparación entre 2010 y 2013 nos da una **disminución del 16,67% en el Centro y un 25% en Renovales**.



**Ilustración 28: Inmisiones medias anuales de CO en las Estaciones Renovales y Centro desde 2010 a 2013 (Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Ayto. de Zaragoza, Agencia de Medio Ambiente y Sostenibilidad)**

Tener en cuenta que las inmisiones en esta gráfica están expresadas en miligramos y no en microgramos. Un microgramo (µg) equivale a 1000 miligramos (mg).

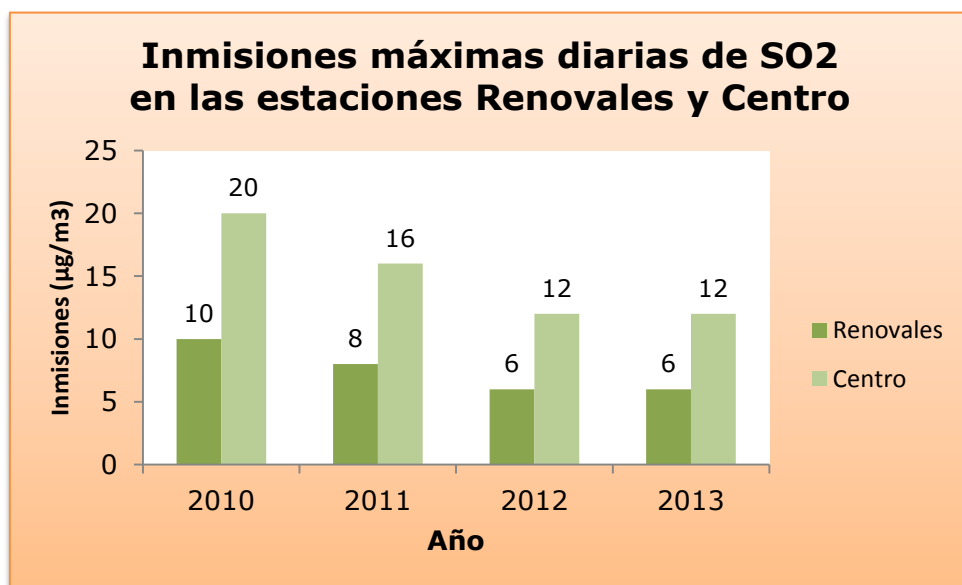
Respecto a los valores registrados en la **Estación Centro**, se ve como se ha dado un **descenso del 27,83%** comparando los años 2010 y 2013. Una de las claras

afecciones ha sido la reducción del tráfico rodado en el Centro y las obras en el año 2010.

Sin embargo en **Renovales apenas disminuyó un 4,05%**, debido a que el tráfico por esa zona no se ha reducido tanto como en el Centro.

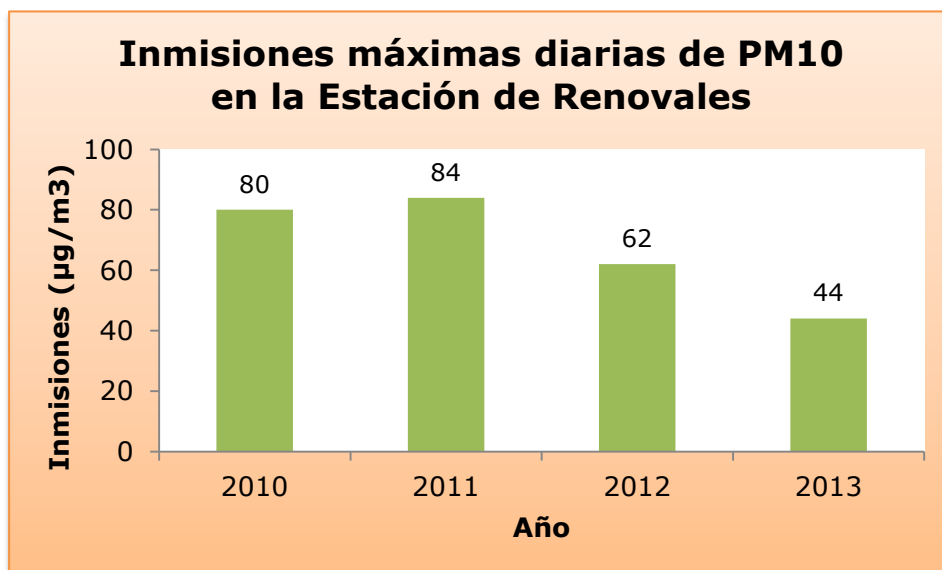
#### 4.3.2.2. Máximas diarias

Seguidamente se muestran las tablas con los datos de las inmisiones máximas diarias recogidas de cada contaminante en cada estación:



**Ilustración 29: Inmisiones máximas diarias de SO<sub>2</sub> en las Estaciones Renovales y Centro desde 2010 a 2013 (Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Ayto. de Zaragoza, Agencia de Medio Ambiente y Sostenibilidad)**

En ambas estaciones se aprecia cómo ha habido **un descenso** de inmisiones máximas (**40% tanto en Renovales como en Centro**) debido a que en las horas punta de tráfico no había tanta concentración de vehículos. Eso sí, no hay que olvidar de comentar que las obras del tranvía en el año 2010 estaban en el Centro y han podido afectar a los resultados.



**Ilustración 30: Inmisiones máximas diarias de PM10 en la Estación de Renovales desde 2010 hasta 2013 (Fuente: Elaboración propia a partir de datos del Ayto. de Zaragoza, Agencia de Medio Ambiente y Sostenibilidad)**

Se observa **un descenso** bastante claro de partículas **en los años 2012 y 2013 (22,5% y 45% respecto 2010)**. El descenso del tráfico sin duda ha sido un factor importante para ello. Las obras del tranvía pudieron afectar en parte al valor de 2010.

## 5. ANÁLISIS Y CONCLUSIONES

Tras haber analizado cómo ha afectado la implantación del tranvía a la movilidad a pie, en bici, tráfico rodado, autobuses urbanos y grado de contaminación, se puede llegar a la conclusión final de que el tranvía de Zaragoza ha sido un factor determinante en la sostenibilidad en la zona de influencia de su trazado. En cambio a nivel global de la ciudad no ha sido el principal propulsor (ya que el Plan de Movilidad Sostenible, la EXPO y la creación del Servicio Público "Bizi" Zaragoza también influyeron de forma importante). Cabe mencionar que a excepción de los autobuses urbanos (que la reordenación de líneas afectó a toda la ciudad), el grado de influencia del tranvía no se puede analizar a nivel global ya que está delimitado a una franja alrededor de su eje norte-sur.

Los puntos fuertes de la contribución del tranvía al transporte sostenible en Zaragoza han sido reducir el tráfico alrededor de su trazado (el 33,33% de los usuarios del tranvía provienen del vehículo privado) y con ello una disminución de emisiones. En cambio, su punto más flojo han sido los autobuses urbanos ya que ha bajado su grado de utilización debido a la reordenación de líneas.

Para obtener la conclusión final, se ha tenido que llegar a unas conclusiones previas de cada apartado.

- Usuarios tranvía: respecto al número de usuarios del tranvía, se puede considerar que la cifra es alta (aumentando cada año) aunque estos dos últimos años no se cumplieron los previstos. El 66,6% provenían de los autobuses y el 33,33% del vehículo privado.

- Autobuses urbanos: ha sido sin duda el medio de transporte más perjudicado con la llegada del tranvía ya que han reducido mucho el número de usuarios y kilómetros. Aunque ha habido algunas líneas que han mantenido o incluso aumentado sus kilómetros y usuarios, la mayoría han disminuido. Cabe citar que la crisis ha sido un factor que también ha influido. Por lo tanto el tranvía en vez de compenetrarse con los autobuses urbanos de forma idónea, ha sido más bien un medio de transporte que ha afectado de forma negativa. La comparación entre la suma de los usuarios de autobús urbano en 2009 y los usuarios de tranvía y autobuses urbanos en 2014 ha disminuido ligeramente debido a que los ciudadanos han optado por utilizar otros

## Análisis y Conclusiones

medios de transporte también sostenibles como la bicicleta e ir a pie. También ha influido el efecto de la crisis.

- Movilidad a pie: con la llegada del tranvía, el entorno del mismo en la zona céntrica de la ciudad ha ganado espacio para el peatón. Se ha aumentado la superficie peatonal (al disponer de mayores anchuras en las aceras), mayor conectividad y una mejora en las calles y bulevares. Aunque hay calles como El Coso que podría estar mejor señalizado el paso del tranvía ya que puede haber algún conflicto entre peatón y tranvía.

- Movilidad en bici: se construyeron carriles bici paralelos al trazado del tranvía aunque la mayoría de carriles bici en la ciudad vinieron antes con la EXPO y el Plan de Movilidad Sostenible. Además la creación del servicio de la bicicleta pública "Bizi" ha podido influir también siendo el año 2011 cuando más se usaba la bicicleta pública sufriendo una disminución en los años posteriores con especial atención al 2015 debido al cambio de normativa. Sin embargo sí que ha habido zonas como Gran Vía, Fernando El Católico y Paseo Independencia que se han visto favorecidas, siendo además itinerarios muy usados por los usuarios de "Bizi".

- Configuración viaria: claramente uno de los puntos fuertes que más ha potenciado el transporte sostenible. Se han eliminado muchos carriles de circulación, ganando espacio para el tranvía, peatón y ciclistas. Con ello ha habido una gran reducción del tráfico aunque si nos alejamos del trazado del tranvía la afección ha sido mucho menor. De todas formas si analizamos íntegramente la ciudad el tráfico ha descendido ligeramente.

- Grado de contaminación: junto con la configuración viaria, los aspectos más positivos del tranvía de cara al transporte sostenible. Se ha producido una disminución considerable de CO<sub>2</sub> en las calles pertenecientes al trazado del tranvía debido a la reducción del tráfico rodado. Con lo cual en este aspecto, el tranvía ha fomentado un transporte más sostenible penalizando otro que contaminaba mucho más. En relación a las inmisiones, decrecieron en general, siendo las inmisiones en partículas las que más disminuyeron (PM<sub>10</sub> Y PM<sub>2,5</sub>) y más ligero el descenso de NO<sub>2</sub>, SO<sub>2</sub> y CO.



## 6. REFERENCIAS Y BIBLIOGRAFÍA

### 6.1. REFERENCIAS

Ayuntamiento de Zaragoza, Servicio de Movilidad Urbana

Ayuntamiento de Zaragoza, Agencia de Medio Ambiente y Sostenibilidad

Ayuntamiento de Zaragoza. "Plan Local Equipamiento Comercial de Zaragoza". 2009.

Ayuntamiento de Zaragoza. "Estrategia para la mitigación del cambio climático y la mejora de la calidad del aire". 2009.

Ayuntamiento de Zaragoza. "Plan de Movilidad Sostenible de Zaragoza". 2006.

Ayuntamiento de Zaragoza, IDOM. "Plan Director de la Bicicleta". Mayo 2010.

Ayuntamiento de Zaragoza. "Centro Ambiental del Ebro".

Cámara de Comercio de Zaragoza. <calculoemisioneselectricidad.xls>

CIRCE, Abel Ortego Bielsa. "Zaragoza 2020 por la Movilidad Urbana Sostenible (Z2020XMUS)"

Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. "Libro Verde de urbanismo y la movilidad". Marzo 2008.

Conferencia Europea sobre Ciudades Sostenibles. "Carta de Aalborg". 1994.

Dirección General de Tráfico (DGT). <www.dgt.es>

Ecologistas en acción. "Los medios de transporte en la ciudad. Un análisis comparativo". Octubre 2007.

El Periódico de Aragón < [www.elperiodicodearagon.com](http://www.elperiodicodearagon.com) >

El Periódico de Aragón. "Guía de la nueva movilidad urbana en Zaragoza".

European Environment Agency. "EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook 2013".

GEOT. Universidad de Zaragoza 2012. Accesibilidad de la población.

Guía 20 minutos "Zaragoza ejemplo de movilidad sostenible". 2014.

GPS Tom Tom. "Tom Tom European Traffic Index". 2014.

Heraldo de Aragón <[www.heraldo.es](http://www.heraldo.es)>

---

Referencias y Bibliografía

La península <[www.lapeninsula.es](http://www.lapeninsula.es)>

Libro Verde UE. "Hacia una nueva cultura de la movilidad urbana".

López, D. (2013). Afección tráfico debido a la crisis.

Los Tranvías de Zaragoza <[www.tranviasdezaragoza.es](http://www.tranviasdezaragoza.es)>

Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente. "Inventarios Nacionales de Emisiones a la Atmósfera 1990-2012".

Ministerio de Fomento. "El transporte urbano y metropolitano en España". Junio 2013.

Patrimonio Cultural de Aragón <[www.patrimonioculturaldearagon.es](http://www.patrimonioculturaldearagon.es)>

Pau Galiana Marin. "TFM: Evaluación energética del transporte en la ciudad de Zaragoza". Septiembre 2010.

Panoramio <[www.panoramio.com](http://www.panoramio.com)>

Revista del Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. "Ingeniería y territorio". 2009.

Ten! Zaragoza <[www.tenzaragoza.es](http://www.tenzaragoza.es)>

Transportation Research Board of the National Academies of Science in the United States. "Hihgway Capacity Manual". 2010.

TRANSyT (2014). Informe OMM-2012. Observatorio de la Movilidad Metropolitana.

Urbanos de Zaragoza <[www.urbanosdezaragoza.es](http://www.urbanosdezaragoza.es)>

U.T.E. IBERURBAN. "Anteproyecto de una línea de tranvía-metro ligero, Norte-Sur, en Zaragoza".

## 6.2. BIBLIOGRAFÍA

Abel Ortego Bielsa. "TFM: Modelos Sostenibles de transporte urbano". 2011-2012.

Agenda 21 Zaragoza. "Actualización de los indicadores de Sostenibilidad de Zaragoza 2012".

AINMER. "Estudio sobre el impacto de la nueva movilidad urbana". Noviembre 2014.

Ayuntamiento de Zaragoza. "Encuesta Movilidad Urbana Zaragoza, 2007".

Ayuntamiento de Zaragoza. "Plan Local de Comercio de Zaragoza 2003-2007".

Ayuntamiento de Zaragoza. "Premio Capital Verde Europea 2016". Punto 5, Calidad del Aire.

Ayuntamiento de Zaragoza. "Sostenibilidad urbana y medioambiental".

Bizi Zaragoza. <[www.bizizaragoza.com](http://www.bizizaragoza.com)>

Carril bus. "Tranvías y otros sistemas de transporte urbano. Despilfarros y aciertos". Febrero 2015.

Copert 4 <[emisla.com/copert](http://emisla.com/copert)>

Emission Inventory Guidebook. "Road Transport 1996".

European Commission Decision. "Horizon 2020 – Work Programme 2014-2015". Punto 5, Urban Mobility.

European Sustainable Cities

Generalitat de Catalunya. "Guia d càlcul d'emissions de contaminants a l'atmosfera 2013".

Instituto Aragonés de Estadística <[www.aragon.es/iaest](http://www.aragon.es/iaest)>

Jesús Racero Moreno, José David Canca Ortiz, Ricardo Galán de Vega, Gabriel Villa Caro. "Estimación de la emisión de contaminantes debida al tráfico urbano mediante modelos de asignación de tráfico". Septiembre 2006.

Observatorio Municipal de Estadística <[demografia.zaragoza.es](http://demografia.zaragoza.es)>

Organización Mundial de la Salud. <[www.who.int/es](http://www.who.int/es)>

TC-Street. "Evaluación tráfico peatonal 2004-2013".

Rafael Izquierdo. "Transportes: un enfoque integral". 2001.













**ESCUELA UNIVERSITARIA POLITÉCNICA  
DE LA ALMUNIA DE DOÑA GODINA (ZARAGOZA)**

El tranvía de Zaragoza: ¿principal  
propulsor del transporte sostenible en la  
ciudad?

423.13.121

Autor: Alberto Cabeza Martínez  
Director: Mario F. Calvo López López  
Fecha: Septiembre 2015

